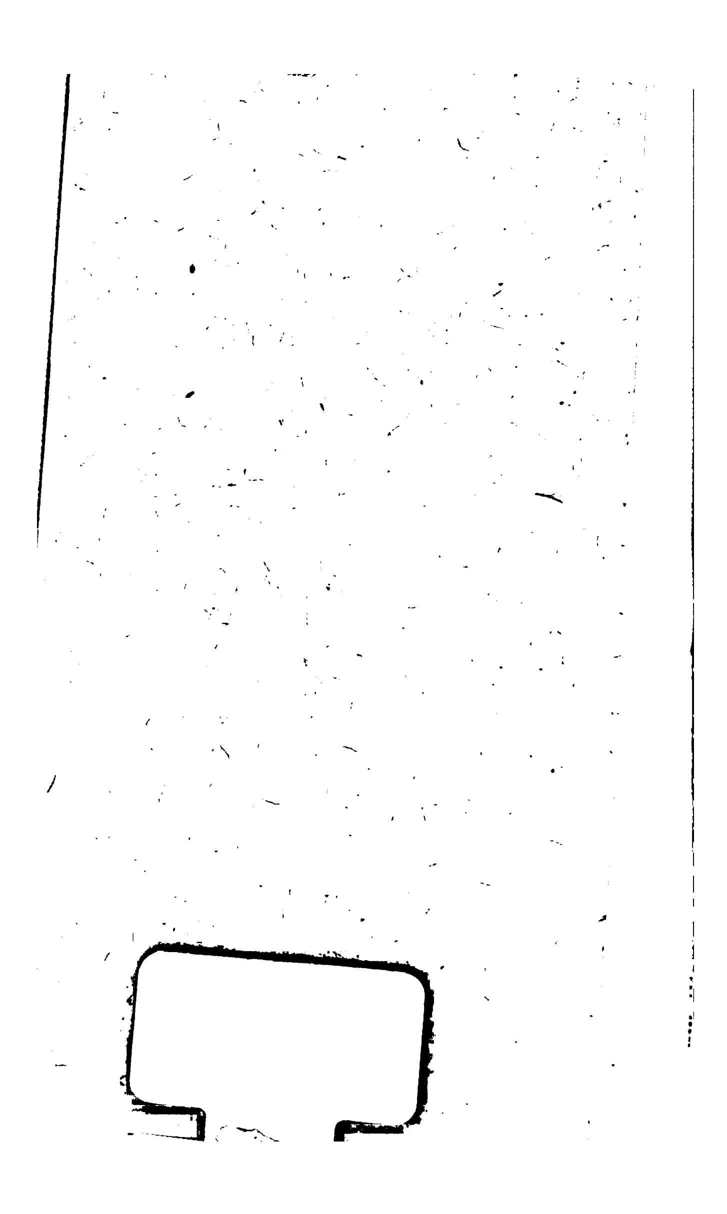

NYPL RESEARCH LIBRARIES
3 3433 06272752 8



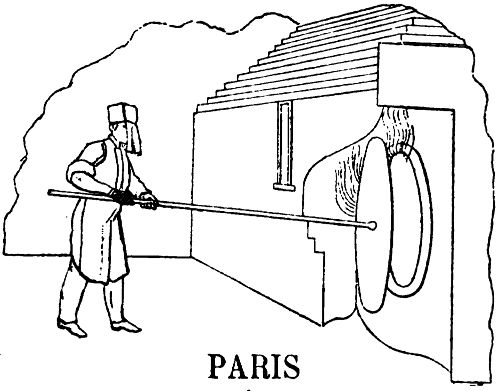
Julia de Fort
3-VNF

ENCYCLOPÉDIE-RORET

VERRIER

GLACES ET CRISTAUX

TOME SECOND



PARIS
ENCYCLOPÉDIE-RORET
L. MULO, LIBRAIRE-ÉDITEUR
12, RUE HAUTEFEUILLE, 12

EN VENTE A LA MÊME LIBRAIRIE

— **Briquetier, Tuilier**, Fabricant de Carreaux, de tuyaux de Drainage et de Creusets réfractaires, contenant la fabrication de ces matériaux à la main et à la mécanique, et la description des fours et appareils actuellement usités dans ces industries, par MM. F. MALEPEYRE et A. ROMAIN. 2 vol. accompagnés de planches. 6 fr.

— **Chaufournier, Plâtrier, Carrier et Bitumier**, contenant l'exploitation des Carrières et la fabrication du Plâtre, des différentes Chaux, des Ciments, Mortiers, Bétons, Bitumes, Asphaltes, etc., par MM. D. MAGNIER et A. ROMAIN. 1 vol. accompagné de planches. 3 fr. 50

— **Maçon, Stucateur, Carreleur et Paveur**, contenant l'emploi, dans ces industries, des matières calcaires et siliceuses, ainsi que la construction des Bâtiments de ville et de campagne, et les méthodes de Pavage expérimentées dans les grandes villes, par MM. TOUSSAINT, D. MAGNIER, G. PICAT et A. ROMAIN. 1 vol. orné de figures et accompagné de 7 planches. 3 fr. 50

— **Marqueteur et Ivoirier**, traitant de la fabrication des meubles et des objets meublants en marqueterie et en incrustation, de la Tabletterie-Ivoirerie, du travail de l'Ivoire, de l'Os, de la Corne, de la Baleine, de la Nacre, de l'Ambre, etc., par MM. MAIGNE et ROBICHON. 1 vol. orné de figures. 3 fr. 50

— **Mouleur**, ou Art de mouler en Plâtre, au Ciment, à l'argile, à la cire, à la gélatine, traitant du Moulage du carton, du carton-pierre, du carton-cuir, du carton-toile, du bois, de l'écaille, de la corne, de la baleine, du celluloïd, etc., contenant le moulage et le clichage des médailles, par MM. LEBRUN, MAGNIER, ROBERT et DE VALICOURT. 1 vol. orné de figures. 3 fr. 50

— **Peintre en Bâtiments**, Vernisseur et Vitrier, traitant de l'emploi des Couleurs et des Vernis pour l'assainissement et la décoration des habitations, de la pose des Papiers de tenture et du Vitrage, par RIFFAULT, VERGNAUD, TOUSSAINT et F. MALEPEYRE. Nouvelle édition revue et augmentée du Peintre d'enseignes, de la pose des Vitraux, etc. 1 vol. orné de 44 figures. 3 fr.

MANUELS-RORET

NOUVEAU MANUEL COMPLET

DU

VERRIER

ET DU

FABRICANT DE GLACES, CRISTAUX

PIERRES PRÉCIEUSES FACTICES

VERRES COLORÉS, YEUX ARTIFICIELS, ETC.

PAR

JULIA DE FONTENELLE et F. MALEPEYRE

OUVRAGE ENTIÈREMENT REFONDU

PAR

H. BERTRAN, Ingénieur des Arts et Manufactures

Orné de 239 figures dans le texte.

TOME SECOND

PARIS
ENCYCLOPÉDIE-RORET
L. MULO, LIBRAIRE-ÉDITEUR
12, RUE HAUTEFEUILLE, 12
1900

ENCYCLOPÉDIE-RORET

VERRIER

GLAÇES ET CRISTAUX

TOME SECOND

spath fluor (fluorure de calcium, Ca Fl^2) et d'acide sulfurique (1).

En 1735, *Pauli*, à Dresde, et en 1783, *Wentzel*, firent usage du même moyen.

L'acide fluorhydrique ne fut découvert qu'en 1771, par *Scheele*, et étudié en 1810 par *Gay-Lussac* et *Thénard*.

Suivant *M. R. Wagner*, la première idée de graver sur des plaques de verre des dessins propres à être reproduits par *impression* est due à *Hann*, de Varsovie (1829). Plus récemment (1844), l'impression à l'aide de planches gravées sur verre, ou *hyalographie*, a reçu une nouvelle impulsion de la part de *Bottger* et *Bromeis*, et dans l'Imprimerie impériale de Vienne elle a été beaucoup perfectionnée.

M. C. Piil, attaché à l'Imprimerie impériale de Vienne, a contribué notamment au progrès de cet art et a publié un traité d'*Hyalographie* auquel nous emprunterons les détails suivants :

La gravure chimique se pratique comme la gravure sur cuivre, seulement le mordant et le vernis changent.

On ne peut pas employer le fond qui sert ordinairement pour les métaux, parce qu'il est enlevé de la plaque de verre par l'acide fluorhydrique.

Le vernis pour la gravure sur verre, auquel M. Piil donne la préférence, se compose avec un mélange d'une partie d'adipocire ou de blanc de ba-

(1) L'acide fluorhydrique (H Fl) ainsi produit se combine avec la silice du verre pour donner du fluorure de silicium (Si Fl^4), composé volatil, qui se dégage en grande partie, et de l'eau.

$$4\,(HFl) + SiO^2 = SiFl^4 + 2\,(H^2O).$$

leine avec deux parties d'asphalte de Syrie pur. Ces matières dissoutes dans l'essence de térébenthine rectifiée donnent le vernis liquide qu'on peut étendre avec un pinceau.

M. Piil compose aussi un petit vernis à retoucher avec parties égales d'asphalte et de colophane dissoutes dans l'essence de térébenthine chaude.

Pour vernir le verre, on se sert d'une caisse rectangulaire en fer-blanc, munie de pieds et d'un couvercle de forte tôle sur laquelle on place la planche; on remplit la caisse d'eau qu'on met en ébullition par un moyen quelconque, et lorsque la planche de verre est suffisamment chaude, on y étend le vernis et on la flambe à la manière ordinaire.

Si l'on voulait avoir un vernis de couleur blanche, on étendrait dessus une légère couche de térébenthine de Venise dissoute dans l'alcool, sur laquelle, avant son entière dessiccation, on frotterait de la poudre d'argent.

On décalque comme sur les planches de cuivre, mais le tracé à la pointe exige plus d'attention, parce qu'ici cette pointe ne peut attaquer le verre comme elle fait le métal, qu'elle est plus disposée à glisser dessus, et qu'il faut enlever plus nettement le vernis pour que la morsure soit plus égale et plus pure.

Pour être en mesure de mieux apprécier le travail de la pointe, on met sous la planche à vernis blanc une feuille de papier noir qui laisse bien apercevoir le tracé.

L'acide fluorhydrique attaquant le verre avec énergie et ayant une très grande disposition à élargir le trait ou à soulever le vernis, il faut apporter beau-

coup d'attention dans la morsure et n'employer que d'excellents vernis.

On peut, pour la morsure, employer l'acide fluorhydrique en vapeur, ou bien se servir, quand il s'agit de petits objets, d'une feuille de papier brouillard imbibée d'acide fluorhydrique, qu'on place sur la planche où l'on a tracé à la pointe, et sur laquelle on place plusieurs autres feuilles sèches de papier, puis on comprime fortement le tout sur le tracé, et on obtient ainsi en quelques minutes une légère morsure.

Pour les objets de grande étendue, on verse sur la planche, un peu chauffée et bordée, de l'acide fluorhydrique étendu du double de son volume d'eau, et on laisse agir 15 secondes; on enlève l'acide, on lave promptement à grande eau pour enlever complètement l'acide, et on fait sécher dans un courant d'air chaud.

Si le dessin exige des parties plus creuses et que le vernis ne soit pas altéré, on couvre les parties assez mordues de petit vernis et on donne l'acide, en opérant comme précédemment, et répétant cette opération aussi longtemps que le vernis le permet, ou jusqu'à ce qu'on ait atteint le ton voulu dans certaines parties.

Quand le vernis a été endommagé, on l'enlève, on nettoie la planche d'abord à l'essence, puis à la craie très fine, on chauffe la planche et on la recharge de vernis, en ayant bien soin qu'il n'en coule pas dans les traits. Cela fait, on verse l'acide et on fait mordre à nouveau.

L'acide fluorhydrique, ainsi que nous l'avons déjà dit, exerçant une action vive et profonde sur le

verre, on conçoit que dans toutes ces opérations il faut agir avec beaucoup de célérité et ne pas perdre un moment de vue le but auquel on veut atteindre.

Il arrive parfois qu'on rencontre dans les dessins quelques parties fortement ombrées ou teintées, et qui exigeraient, sur une faible étendue, des morsures répétées pour arriver au ton, mais comme les opérations répétées pourraient compromettre la planche, il vaut mieux les creuser après la morsure, au moyen d'une pointe de diamant qui attaque facilement le verre.

M. Piil a aussi cherché à obtenir sur verre des tons unis et dégradés comme au lavis. Voici comment il procède pour arriver à cet effet. On remplit les traits gravés avec un mélange de térébenthine de Venise, de gomme-laque et de noir de fumée; on chauffe la planche, et après qu'elle est refroidie, on enlève le surplus sur la surface à l'aide d'un linge humecté d'essence de térébenthine.

On couvre alors la planche légèrement avec du baume de copahu, mêlé à un peu d'encre d'imprimerie, et on frotte dessus très également de la poudre d'argent.

Après avoir couvert de petit vernis les parties qui ne doivent pas être rendues mates, on expose à l'action de l'acide fluorhydrique à l'état de vapeur pendant dix à douze minutes, et on obtient un ton mat assez uniforme, mais faible, que l'on peut teinter plus fortement en répétant l'opération, mais sans lui donner plus de vigueur, c'est-à-dire qu'on opère comme sur le cuivre pour le lavis en saupoudrant la planche de résine.

Si l'on veut lier entre eux les tons fins et ôter les

contours entre les teintes, on se sert d'une pointe en buis qu'on imbibe de pierre ponce très finement broyée à l'eau.

La planche de verre qu'on veut imprimer est enchâssée dans une forte planche de bois dur, où on la cimente avec du plâtre fin mêlé de colle forte, puis on encre comme pour la gravure en taille douce et on imprime à la presse lithographique.

Le procédé de M. Piil, essayé à l'Imprimerie impériale de Vienne, a donné de belles épreuves, et les planches reproduites par la galvanoplastie ont fourni des cuivres à gravure en relief qu'on a pu imprimer par voie typographique.

PROCÉDÉ KESSLER

M. Kessler a fait connaître en 1863 un procédé de gravure à l'acide fluorhydrique au moyen de l'impression qui rapproche bien plus que le précédent cette branche de l'art de la gravure à l'eau forte sur métaux.

Le procédé se compose de trois parties principales : 1° la confection de la planche d'impression ; 2° la fabrication de l'encre réserve ; 3° l'impression.

1° *Préparation de la planche d'impression.* — L'idée fondamentale mise à profit se trouve appliquée dans l'industrie des toiles peintes ; c'est celle à peu près de l'impression de la couleur au rouleau.

Seulement la planche d'impression est plate, la gravure profonde et non répartie en points ou en lignes minces ; l'encre est différente, bien entendu.

es meilleures planches d'impression seraient

celles de métal, si, en raison de la difficulté de leur taille qui doit être profonde et de l'élévation de leur prix, on ne devait leur préférer les pierres : la pierre lithographique ou le marbre. On dresse bien la surface de celle qu'on a choisie, en l'usant au sable d'abord, puis à la pierre ponce; et l'on peint sur la surface sèche à l'aide d'un pinceau trempé dans une dissolution de bitume, le dessin tel qu'il doit être gravé.

On laisse sécher une heure ou deux, puis on verse sur la pierre une eau aiguisée d'acide chlorhydrique. L'acide mord partout où le dessin laisse la pierre découverte et ne touche pas aux parties peintes. On a ainsi, dix minutes après, une pierre dont le creux va de 1/2 à 2/3 de millimètre. On la nettoie à l'essence. Pour les dessins fins, on a recours à des planches de métal gravées au burin.

2° *Encre réserve.* — L'encre avec laquelle on imprime est d'une nature toute particulière. Elle est formée d'une partie fluide, quoique visqueuse, et d'une partie solide formant épaississement. Il faut, en effet, qu'elle soit assez ferme pour que, étendue partout sur la pierre, elle puisse être coupée dans le creux, à fleur des reliefs, avec toute la netteté d'un corps solide. Le bas prix auquel il est important qu'elle revienne, puisque certaines épreuves en enlèvent jusqu'à 30 grammes, a obligé M. Kessler à rechercher pour l'épaissir, un moyen économique et rapide d'obtenir une poudre solide, impalpable, afin de l'y incorporer.

M. Kessler y est arrivé, en faisant fondre avec ses constituants une substance, la stéarine (acide stéarique), la cire de palmier, le spermaceti, la paraffine,

la naphtaline, etc., qui cristallisent par le refroidissement.

On chauffe jusqu'à dissolution du bitume dans l'essence de térébenthine, on filtre au chausson et l'on plonge le vase dans l'eau froide. Pendant le refroidissement de l'encre, il faut l'agiter constamment afin de troubler la cristallisation de l'acide gras et de lui donner un grain plus fin. Aucune réserve ne résiste aussi énergiquement à l'action de l'acide fluorhydrique.

3° *Impression et décalque.* — L'impression du dessin se fait sur papier demi-pelure glacé. On installe la pierre sur un chariot garni de plusieurs épaisseurs de drap, et l'on en recouvre toute la surface avec l'encre ci-dessus décrite : puis, à l'aide d'une râcle en acier fortement trempée et bien dressée que l'on promène à sa surface, on enlève cette encre de manière à découvrir tous les reliefs et à laisser les creux bien remplis. On étend sur la pierre une feuille de caoutchouc vulcanisé, puis plusieurs doubles de flanelle. On pousse le chariot sous le plateau d'une presse verticale ou sous le cylindre d'une presse spirale, et lorsque la pression a été donnée, on détache lentement l'épreuve. On procède ensuite à un nouveau tirage. Une planche gravée sur pierre peut en fournir plusieurs milliers.

Avant de passer au décalque, il est nécessaire de détruire l'adhérence de l'encre au papier. Cette adhérence est énorme. Elle n'a d'équivalent dans aucun des procédés usités dans l'industrie, soit pour l'impression des émaux, soit pour la reproduction des lithographies, etc. C'est une des conditions essentielles même du succès, Il faut que l'encre soit très

épaisse pour pouvoir se couper comme un corps solide, et pour qu'étant aussi épaisse, le papier puisse en arracher à la pierre une couche d'un demi millimètre, il faut qu'elle adhère énergiquement à sa surface.

M. Kessler est arrivé à détruire très facilement cette adhérence par un petit artifice physique. C'est en se servant d'un effet d'endosmose. On porte l'épreuve sur un bain d'eau acidulée avec 1/4 ou 1/10 d'acide chlorhydrique. Quand elle est imbibée, on la passe rapidement sur la surface d'un bain tiède (à 30 ou 40° centigr.), en l'y laissant seulement le temps suffisant pour que les stries de l'encre soient *affaissées par la fusion*. C'est alors qu'un phénomène d'affinité entre les deux liquides tend à faire entrer de l'eau dans le papier imbibé d'acide. Mais comme le papier est un espace clos, l'eau ne peut y pénétrer qu'en expulsant du côté opposé une légère couche d'acide étendu. Cette couche d'eau acidulée qui sort, soulève l'encre avec d'autant plus de facilité qu'étant fondue dans ce moment, elle ne grippe plus dans ses pores.

Le décalque s'effectue comme à l'ordinaire, en appliquant l'épreuve du côté imprimé sur la pièce à graver et en enlevant le papier.

Quelques heures suffisent pour opérer la dessiccation de l'encre qui est restée sur l'objet à graver. On peut alors plonger celui-ci dans un bain d'acide fluorhydrique. Ses parties non recouvertes d'encre seront seules accusées. Après la morsure, on enlève la réserve, soit en la dissolvant dans des essences, soit par un moyen mécanique.

Appliqué à la décoration des verres, des cristaux et des porcelaines, ce procédé permet d'obtenir des

effets de couleur en même temps que des effets de gravure. C'est ainsi qu'avec du verre plat, blanc ou autre, bleu d'un côté et jaune de l'autre, on peut sur la même pièce, en l'attaquant des deux côtés, produire à volonté toutes les dégradations du bleu, du jaune et du vert jusques y compris le blanc.

En dépolissant la surface du cristal, soit avant, soit après la gravure, on obtient aussi des effets dont on tire parti, surtout sur la décoration des globes ou objets d'éclairage. Enfin, le creux de la gravure se teint très facilement au feu, soit au chlorure d'argent, soit au rouge de cuivre.

Lorsqu'on dépolit les reliefs après cette teinture, on enlève toute la couleur en trop sur les bords du dessin.

Cette couleur s'applique donc avec facilité et elle reste ensuite sur la pièce, en quelque sorte à l'abri du frottement. Il en est de même de la dorure que l'on y place.

PROCÉDÉ DOPTER

M. Dopter, dont le nom tient une place considérable dans l'industrie de la gravure sur verre, emploie un procédé d'impression analogue au précédent. Le papier sur lequel on tire les épreuves à décalquer est un papier non collé enduit de colle d'amidon, puis de gomme, et recouvert enfin d'une couche de collodion. La couche ainsi posée sur le papier et qui est adhérente au verre, a assez de consistance pour permettre de faire les reports nécessaires dans le cas où plusieurs dessins successifs doivent être superposés pour avoir des épaisseurs variables; un lavage à l'acide sulfurique concentré désagrège ensuite le col-

lodion pour ne laisser que l'enduit bitumineux protégeant les épreuves à faire.

PROCÉDÉ TEISSIÉ DU MOTHAY ET MARÉCHAL

MM. Teissié du Mothay et *Ch.-R. Maréchal* (de Metz) ont fait, au sujet de la gravure sur verre, des observations importantes, qui leur ont suggéré un nouveau procédé d'opérations. La dissolution aqueuse d'acide fluorhydrique gazeux produit un poli mat et adhérent. L'acide fluorhydrique dilué forme, soit avec le silicium et le métal du cristal, soit avec le silicium et le métal alcalino-terreux du verre, des fluosilicates de plomb et de calcium solubles dans la liqueur où ils prennent naissance, tandis que l'acide fluorhydrique donne du fluorure de silicium volatil et des fluorures de plomb et de calcium insolubles dans le milieu où ils s'engendrent.

La gravure mate produite par l'action de l'acide gazeux est toujours d'un dépoli strié et d'inégale épaisseur; car l'eau engendrée par cette réaction, s'acidifiant peu à peu, s'accumule en gouttelettes inégales, et ne redissout que partiellement et inégalement les fluorures formés.

Ces messieurs ont donc cherché à remplacer l'action des vapeurs d'acide fluorhydrique par celle d'un bain, où l'acide se dégageant à l'état naissant ne pourrait, au contact du cristal ou du verre, donner lieu à la formation de fluorures insolubles.

Pour l'obtenir, ils ont eu recours à la réaction qu'exercent les dissolutions aqueuses des acides chlorhydrique et acétique sur les fluorures et fluorhydrates de fluorures des métaux alcalins.

Si, à 1,000 grammes d'eau, on ajoute 250 grammes de fluorhydrate de fluorure de potassium bien cristallisé, et 250 grammes d'acide chlorhydrique du commerce, on obtient un bain où le cristal et le verre se dépolissent rapidement, mais sur une petite épaisseur, et inégalement.

En ajoutant alors, jusqu'à quasi-saturation, du sulfate de potasse, soit 140 grammes environ, ou à sa place du sulfate d'ammoniaque, de l'oxalate de potasse, et quelques chlorures avides d'eau, tel que le chlorure de zinc par exemple, on obtient des dépolis épais et uniformes.

Ce procédé a été appliqué aux usines de la cristallerie de Baccarat, pour éviter l'usage insalubre de la roue et de l'acide fluorhydrique.

PROCÉDÉS DIVERS

M. G. Videt, Ingénieur des Arts et Manufactures, chargé de la fabrication de l'acide fluorhydrique à la fabrique de produits chimiques de M. Firmin Leclerc, a donné sur la fabrication actuelle et sur l'emploi de cet acide d'intéressants renseignements que nous allons résumer brièvement.

Quelques graveurs sur verre préparent eux-mêmes leur acide fluorhydrique; la chimie nous apprend le mode de préparation avec la formule suivante :

$$CaFl^2 + SO^3H^2O = CaO,SO^3 + 2(HFl).$$

« En raison de la propriété corrosive de l'acide fluorhydrique pour le verre, on ne doit employer que des appareils en plomb ou en platine. Dans l'industrie on procède différemment : c'est une bassine en fonte dans laquelle on fait un mélange de :

Acide sulfurique. . . . . 50 kil.
Spath fluor . . . . 30 —

« Cette bassine est en communication par une série de tubulures avec des flacons Woolf en plomb refroidis dans de l'eau froide.

« Nous donnons ci-dessus des proportions que nous recommandons. Quelques industriels qui ont essayé de fabriquer de l'acide dans des appareils d'une plus grande capacité, ont obtenu un produit gravant mal et peu marchand.

« Le premier jour, la réaction marche d'abord toute seule, le deuxième jour il faut chauffer et enfin vers la fin de l'opération on pousse vivement le feu. On vide ensuite la chaudière et on recommence une autre opération.

« L'acide est expédié dans des flacons en gutta et il est d'autant meilleur qu'on a laissé passer moins d'acide sulfurique à la distillation.

« L'acide fluorhydrique ordinaire au minimum marque 23° au pèse-acide Baumé; il pèse 40° au maximum de concentration. Dans cet état il sature deux fois autant de base que son poids d'acide sulfurique à 66°.

« Tous nos graveurs sur verre se servent aujourd'hui de l'acide liquide en solution concentrée (1) et procèdent comme suit :

« On peut avoir à faire un dessin sur fond clair ou sur fond mat. Le principe général est le suivant :

(1) MM. *Faure* et *Kessler*, de Clermont-Ferrand, livrent l'acide fluorhydrique renfermant 50 pour 100 d'acide libre actif, à 105 fr. les 100 kilos ; l'acide à 70 pour 100 coûte 125 fr. les 100 kilos. La livraison par petites quantités se fait dans des bouteilles en plomb facturées 2 fr. le kilo.

L'acide liquide attaque le verre. L'acide gazeux le dépolit.

« Sur une feuille de verre ou sur une glace, on dessine d'abord avec le vernis dont suit la composition, le dessin à obtenir en commençant par la teinte la plus forte, c'est-à-dire l'inverse de ce qu'on fait quand on veut faire le lavis d'un dessin à l'encre de Chine.

« La formule du vernis employé est la suivante (1) :

Résine.	0 k. 500
Bitume de Judée	1 k.
Essence de térébenthine. . .	2 k. 500
Suif	0 k. 050

« On borde alors la feuille de verre comme le font les graveurs en taille douce avec la cire spéciale à border dont suit la composition :

(1) On emploie aussi les formules suivantes :

I	Cire jaune.	40
	Blanc de baleine.	40
	Térébenthine	20
II	Paraffine	40
	Vaseline.	25
	Margarone	35
III	Paraffine	40
	Cire jaune	40
	Vaseline.	20
IV	Essence de térébenthine	500
	Blanc de baleine.	50
	Paraffine	75
	Asphalte	50
	Noir de fumée.	10

Cire jaune	300 gr.
Poix blanche.	300
Suif.	125
Résine	200
Galipot	100

« Ce mastic est entièrement inattaquable à l'acide fluorhydrique. On verse alors dans cette cuvette, dont le fond est la feuille de verre et les bords la cire à border, une dissolution aqueuse d'acide fluorhydrique d'autant plus concentrée qu'on veut attaquer plus vite et plus profondément le verre à décorer.

« On comprend facilement que par une addition intelligente d'épargnes sur le dessin on obtiendra autant de teintes que d'attaques différentes. (Entre chaque opération il faut laver la glace très énergiquement). Le dessin dans ce cas n'est indiqué que par une surépaisseur dépendant de la profondeur de l'attaque.

« On procède d'habitude sur un fond mat et on obtient les différents tons en allant du clair transparent au mat absolu.

« Il faut alors mater la glace; on emploie pour cela du fluorure alcalin fait dans les conditions suivantes :

« On verse goutte à goutte en agitant constamment 1 kil. 900 d'acide fluorhydrique sur 5 kil. de cristaux de soude. Lorsque toute effervescence a disparu, on ajoute 25 kil. d'eau et 2 kil. 700 d'acide acétique. Cette formule nous a constamment réussi et nous a toujours donné un mat parfaitement uniforme.

« Avant de mater la glace, il est bon de la décaper avec une dissolution d'acide fluorhydrique faible.

« On va procéder sur cette glace dépolie comme on a procédé sur la glace transparente et on obtiendra les effets qu'on désirera.

« Quelques graveurs savent employer en même temps les deux systèmes et obtiennent des effets merveilleux.

« Lorsqu'une glace est bordée et pleine d'une eau assez fortement acidulée, il suffit de tamiser sur le bain un sable plus ou moins fin pour obtenir les effets des verres anglais. Cette propriété est très utilisée dans la fabrication des vitraux.

« Quelques graveurs obtiennent avec des verres doublés de toutes nuances des dessins présentant un effet spécial. L'acide fluorhydrique détruit partiellement la couche colorée et on obtient ainsi des dessins clairs sur fonds de couleur.

« Disons cependant que pour attaquer le verre doublé rouge il faut : 1/3 acide fluorhydrique ; 2/3 eau. Pour attaquer le verre bleu il faut 2/3 acide fluorhydrique, 1/3 eau.

« Pour éviter le travail du dessinateur, qui est trop coûteux, on peut adopter le système *Faure* et *Kessler* qui consiste à imprimer le dessin à graver sur une feuille de papier mince avec une encre spéciale et à le décalquer ensuite sur la feuille de verre à décorer.

« L'encre d'impression (1) la plus généralement employée est la suivante :

(1) Autre formule :

Bitume	3	parties
Acide stéarique	2	—
Essence de térébenthine	2	—

Bitume de Judée.	500 gr.
Essence de térébenthine	1/2 litre
Cire jaune.	20 gr.
Poix noire.	20
Résine	20
Suif.	10

« Il va sans dire que la série des opérations est toujours la même, la main seule de l'artiste a été remplacée par la presse du lithographe.

« On voit enfin un genre spécial de publicité faite sur des plaques de verre diversement colorées; on comprend maintenant comment il est possible d'arriver à un pareil résultat.

« Ce genre de gravure a pris le nom de gravure à l'étain, parce que dans ce cas on colle sur la feuille de verre une feuille d'étain très mince et on découpe ensuite au poncif sur cette feuille le nom qu'on veut graver. La colle est tout simplement le vernis dont nous avons parlé plus haut.

« L'attaque à l'acide se fait toujours comme dans le cas ordinaire.

« Nous avons donné une série de formules dont nous garantissons l'authenticité et qui donnent aujourd'hui chez nos premiers graveurs les meilleurs résultats. »

A ce qui précède nous ajouterons quelques indications importantes au point de vue pratique.

Les meilleures cuvettes à employer sont celles qui sont faites en gutta-percha. Mais elles coûtent fort cher, surtout lorsque les plaques que l'on grave sont grandes; on peut faire usage de cuvettes en bois dur recouvertes intérieurement d'un couche de paraffine d'un demi centimètre d'épaisseur.

Pendant l'opération de la gravure, il faut agiter le bain de temps en temps, afin d'empêcher les composés peu solubles qui résultent de l'attaque, de s'attacher au verre.

A la place de l'acide fluorhydrique, on peut se servir de fluorure d'ammonium ou de fluorure de potassium en solution aqueuse.

On grave aussi en exposant la plaque, préparée comme il a été dit précédemment, aux vapeurs d'acide fluorhydrique : Dans une cuvette carrée en plomb, on met un mélange de trois parties d'acide sulfurique à 66° B. et d'une partie de spath fluor pulvérisé; on recouvre l'ouverture de la cuvette avec la plaque, le côté à graver en dessous, et l'on excite le dégagement de la vapeur acide en chauffant légèrement la cuvette, soit avec une lampe à alcool, soit mieux, avec un bain-marie.

Ce procédé donne de meilleurs résultats que l'emploi de l'acide liquide lorsque les parties du verre mises à nu sont très déliées. Mais, d'autre part, les vapeurs d'acide fluorhydrique sont d'un maniement dangereux; les brûlures qu'elles occasionnent sont très douloureuses et ne guérissent qu'au bout d'une quinzaine de jours. Le remède consiste à appliquer immédiatement sur les parties atteintes des compresses imbibées d'une dissolution d'acétate d'ammoniaque.

On injecte ce liquide dans les ampoules si on a laissé à celles-ci le temps de se former. Si l'acide s'est insinué dans certaines parties difficiles à imbiber, comme à travers les ongles, on substitue à l'acétate l'ammoniaque caustique (alcali volatil) sans se

préoccuper de la douleur souvent très vive qui accompagne cette cautérisation.

Lorsque la gravure est terminée, on dévernit la plaque en la lavant à l'essence de térébenthine mélangée de benzine ou mieux avec un mélange de benzine et d'alcool. On la rince à l'alcool, puis à l'eau, et finalement on l'essuie.

Les retouches se font avec des pointes de diamant.

Si l'on veut graver au moyen de l'acide gazeux, on peut encore faire usage du procédé suivant, indiqué par *M. Henrivaux* (1) :

On prépare en dissolution :

1000 parties d'eau ;
250 — de fluorhydrate de fluorure de calcium cristallisé ;
250 — d'acide chlorhydrique.

On ajoute encore 140 parties de sulfate de soude pour rendre les fluorures de calcium et de plomb (ce dernier provenant de la cuvette) peu solubles dans le bain et obtenir ainsi des dépolis épais et uniformes.

Cela fait, on nettoie le verre, on le sèche, on le chauffe et on y verse un vernis fondu que l'on coule en couche homogène. Ce vernis, composé de quatre parties de cire jaune et d'une partie de térébenthine ordinaire, est assez translucide pour qu'on puisse calquer un dessin placé au-dessous de la lame de verre. On passe alors un burin sur le vernis en suivant les traits du dessin, et on entame le vernis jusqu'au verre.

(1) *Le Verre.*

Il est nécessaire que, dans tous les endroits où l'acide doit agir, le verre soit mis à nu et parfaitement net une fois le dessin tracé ; on expose le verre ainsi préparé à l'action du gaz fluorhydrique produit par la réaction du mélange ci-dessous, le tout étant placé dans une petite caisse en plomb.

Au bout de quelques minutes, l'opération est terminée. On enlève le verre, on le chauffe légèrement pour fondre le vernis, on le nettoie avec de l'essence ou de l'alcool.

GRAVURE OPAQUE SUR VERRE

Dans le *Journal Polytechnique de Dingler* (t. CCL, XXII, p. 227), Lainer donne deux formules qui permettent d'éviter l'emploi des sels de fluor les plus coûteux pour obtenir une gravure opaque sur le verre.

I. — On prépare d'abord deux solutions: *a* consiste en 10 grammes de soude dissous dans 20 grammes d'eau chaude; *b* consiste en 10 grammes de carbonate de potasse dissous dans 20 grammes d'eau chaude. On mélange ensuite ces deux solutions, on ajoute 20 grammes d'acide fluorhydrique concentré, puis, en dernier lieu, une solution *c* consistant en 10 grammes de sulfate de potasse et 10 grammes d'eau.

II. — La seconde formule contient les substances suivantes : 4 cc. eau, 1 1/3 gramme de potasse, 0,55 cc. acide fluorhydrique dilué, 0,50 cc. acide chlorhydrique et 0.50 cc. sulfate de potasse. Ce mélange est ensuite traité alternativement par de l'acide fluorhydrique et du carbonate de potasse jusqu'à ce

qu'on obtienne par l'emploi de la solution essayée sur une pièce de verre le degré d'opacité désiré.

Lainer a remarqué qu'en ajoutant à la solution I une petite quantité d'acide chlorhydrique on obtient sur le verre l'apparence d'un granité fin. Mais il paraît qu'il existe un procédé encore plus simple que les précédents, inventé par M. *Kampan*, de Vienne.

Pour préparer la solution pour gravure opaque de Kampan, on se sert d'un vase de bois et toutes les pièces de fer employées doivent être recouvertes d'un mastic asphaltique pour éviter leur corrosion par les fumées de l'acide fluorhydrique.

Ce vase en bois est rempli au cinquième environ de sa capacité d'acide fluorhydrique concentré qu'on neutralise ensuite graduellement et lentement par l'addition de quelques cristaux de soude : on agite avec une petite baguette en bois en ajoutant la soude. On reconnaît que l'acide est neutralisé lorsque le mélange mousse et devient suffisamment visqueux pour adhérer à la baguette servant à le remuer.

Nous devons ajouter que les fumées de l'acide fluorhydrique étant très corrosives et nuisibles à la santé, il est nécessaire de préparer ce mélange en plein air, de manière que les fumées soient entraînées et diluées dans la masse de l'atmosphère, ou mieux en se plaçant sous une hotte pourvue d'un bon tirage.

Le contenu du vase en bois consiste en fluorure de sodium ; on le verse dans un baquet en bois et on le dilue dans cinq ou six fois son volume d'eau, selon le degré de concentration que l'on veut obtenir pour la solution. Lorsque cette solution est trop concen-

trée, l'attaque du verre se produit irrégulièrement et la surface gravée semble recouverte de petits cristaux parsemés ; si, d'un autre côté, la solution est trop faible, les surfaces gravées restent transparentes au lieu de devenir opaques. On remédie facilement à ces deux défauts de la solution, en ajoutant de l'eau si elle est trop forte et de l'acide fluorhydrique neutralisé par du carbonate de soude si elle est trop faible.

On obtient une bonne proportion en employant 240 cc. d'acide fluorhydrique du commerce, 600 gr. de soude cristallisée en poudre et 100 cc. d'eau.

Voici comment on opère :

On nettoie d'abord soigneusement le verre, puis on applique tout autour un rebord composé comme suit : cire d'abeilles, suif, colophane et asphalte en poudre, le tout malaxé ensemble.

On protège avec de la cire les parties du verre qui ne doivent pas être attaquées par le mordant. Le verre nu est soumis pendant quelques minutes à l'action de la solution ordinaire employée pour graver (1/10 acide fluorhydrique), puis on rejette l'acide, on lave le verre à l'eau avec soin et on l'essuie, jusqu'à ce qu'il soit aussi sec que possible, avec une éponge.

On verse ensuite sur le verre la solution pour gravure opaque en quantité assez grande pour qu'elle forme une couche épaisse. On laisse l'action se produire pendant une heure, ensuite on rejette le liquide et on lave la surface à l'eau. On laisse l'eau sur le verre jusqu'à ce qu'on voie se former à sa surface une mince pellicule de silicate ; on l'enlève alors, on lave à grande eau, puis on enlève la cire.

En faisant varier la durée d'action de la solution pour gravure opaque, on obtient des degrés divers d'opacité. Si l'opacité est plus grande que celle désirée, on peut la diminuer en employant à nouveau une solution à graver d'acide fluorhydrique (1).

Pour obtenir sur le verre une gravure mate, *M. Kiss* donne le procédé suivant : on passe une ou deux fois sur les parties à graver un pinceau trempé dans un bon vernis d'asphalte (dissous dans l'essence de térébenthine), on laisse sécher et l'on entaille les traits à dessiner. On applique alors, également au pinceau, de l'acide fluorhydrique concentré, on lave à grande eau, on sèche avec du papier buvard, et l'on expose seulement alors le verre aux vapeurs de fluorure d'ammoniaque. On emploie dans ce but un mélange de fluorure d'ammoniaque, d'azotate d'ammoniaque, d'acide sulfurique et d'eau distillée, que l'on peut se procurer dans le commerce, dans des bouteilles de gutta-percha. On essuie, et l'on nettoie le verre à l'essence de térébenthine.

Une autre composition de liquide à graver le verre est donnée par *M. H. Ebert.*

Dans un demi-litre d'eau distillée, on dissout 36 grammes de fluorure de sodium, puis on ajoute 7 grammes de sulfate de potasse (*a*).

Dans un autre demi-litre d'eau distillée, on dissout 14 grammes de chlorure de zinc et l'on verse 65 grammes d'acide chlorhydrique concentré (*b*).

Les deux solutions peuvent être conservées dans des fioles de verre ordinaire.

On mélange parties égales de *a* et *b*, et on ajoute

(1) *The Chimical Trade Journal.*

quelques gouttes d'encre de Chine pour pouvoir bien apercevoir l'écriture. Pour faire le mélange, le mieux est de prendre un bloc de paraffine dans lequel on a creusé une petite cuvette.

Avec ce liquide on peut graver sur le verre les traits les plus fins.

FLUOROGRAPHIE

La fluorographie est un procédé de transport des images lithographiques et phototypiques sur verre au moyen d'encres fluorées; celles-ci, au contact de l'acide sulfurique, dégagent de l'acide fluorhydrique qui grave le verre.

On encre une phototypie avec une encre composée de :

Eau.	100 gr.
Savon.	50
Glycérine	200
Suif.	50
Borax.	25
Spath fluor	50
Noir de fumée.	15

On en tire des épreuves que l'on reporte sur le verre. La glace est bordée avec de la cire, et on la recouvre d'acide sulfurique à 64 ou 65° Baumé. Après 15 à 20 minutes, l'acide est enlevé et la glace lavée sous un jet d'eau, nettoyée avec une solution de potasse, lavée de nouveau à l'eau et finalement séchée avec un linge.

Toutes les parties du verre qui ont été recouvertes d'encre se trouvent gravées.

HYALOATMOGRAPHIE

Sous ce nom on désigne l'*atmographie* appliquée à la gravure sur verre de la manière suivante :

Une gravure en taille douce, sur cuivre, est platinée ou plombée au moyen de la galvanoplastie, puis on la recouvre d'albumine en poudre fine que l'on répartit bien dans tous les creux avec un blaireau. Elle est ensuite placée dans une caisse en bois doublée de plomb dans laquelle on fait dégager de l'acide fluorhydrique, soit en chauffant l'acide du commerce, soit en traitant le spath fluor par l'acide sulfurique. Cet acide se condense dans la poudre albumineuse pour attaquer le métal.

Pendant ce temps, la glace à graver est recouverte d'une dissolution de sucre et de borax ainsi composée :

Eau	1000 gr.
Sucre	250
Borax	200

que l'on fait sécher à l'étuve à la température de 40°.

Cette glace est appliquée sur la planche de cuivre que l'on a retirée de la caisse, la face sucrée contre le côté gravé. On la laisse ainsi une minute : sous l'action des vapeurs d'acide fluorhydrique, il se forme avec le borax du fluoborate de soude déliquescent et le sucre devient poisseux sur toutes les parties correspondant aux traits de la planche. La surface du verre est saupoudrée avec du fluorure de sodium en poudre fine qui ne s'attache qu'aux parties visqueuses. La glace est ensuite exposée dans une caisse à l'action du gaz acide chlorhydrique ou acide sulfureux pendant deux ou trois minutes ; on la retire, on la place dans une étuve à la température de 35° pendant une demi-heure, et finalement on la lave à l'eau froide, puis à l'eau chaude. Toutes les parties

correspondant aux traits de la planche sont dépolies et marquées sur le verre.

IMITATION DU VERRE MOUSSELINE

On prend un morceau de tulle anglais qu'on enduit de matière grasse et qu'on imprime doucement au moyen d'un rouleau d'imprimeur, sur le carreau de verre sur lequel on veut produire le dessin appelé mousseline. On enlève doucement le tulle, puis on soumet aussitôt le verre au procédé ordinaire du mordançage par l'acide fluorhydrique. Au bout de quatre à cinq minutes on voit apparaître un réseau délicat sur un fond mat qui, comme un voile, s'oppose à ce qu'on puisse voir du dehors à travers le verre, tandis qu'on peut tout apercevoir du dedans. En faisant varier la nature du réseau enduit de matière grasse, on peut ainsi produire des verres mousselines de différents genres, sans le secours du feu.

DAMASQUINAGE SUR VERRE

Lorsque l'acide a mordu jusqu'à la profondeur voulue, on lave la pièce avec soin et on la fait sécher.

On efface les traits du dessin mordu avec du vernis, de façon que, par l'application de l'acide, il n'y ait que le fond qui soit attaqué, et, si l'on veut que ce dessin présente un trait plus large au fond qu'à la surface, les bords seuls sont chargés de vernis protecteur et on applique un acide plus fort.

Dans les traits ainsi produits, on place et fixe des fils d'argent, d'or, de platine, d'aluminium, etc..., pour produire un damasquinage ou genre d'ornement analogue.

En chargeant ces traits avec des verres colorés ou non réduits en poudre, on produit des pièces qui ressemblent aux émaux bysantins ou du moyen âge. On applique la chaleur pour fondre ce verre dont on enlève ensuite l'excès par des moyens mécaniques.

On peut aussi avoir recours à l'électrotypie pour remplir avec un métal ces traits gravés à l'acide après qu'on les a rendus conducteurs.

II. GRAVURE AU JET DE SABLE

Ce genre de gravure a été inventé en 1870, par *M. Tilghman*, de Philadelphie.

A la séance du Franklin Institute, tenue le 15 février 1871, le secrétaire résident, le docteur *W.-H. Wahl*, présenta cette découverte, et il en donna la description d'une manière pratique en dépolissant devant l'assemblée la surface d'une plaque de verre au moyen d'un jet de sable d'une intensité très modérée. Il montra, en outre, plusieurs exemples de substances dures coupées, dépolies, gravées et sculptées par le même procédé. Dans la discussion qui suivit la présentation de cette belle découverte, *M. Robert Briggs* fit la remarque intéressante que les vitres des fenêtres exposées, près du rivage de la mer, à recevoir le sable chassé par le vent, ont bientôt perdu leur poli, et il cita quelques autres exemples bien connus d'objets dont la surface s'érodait quand ils se trouvaient subir le jet continu de particules en mouvement.

La description suivante est tirée d'un mémoire communiqué au journal du Franklin Institute, par *M. Coleman Sellers* ;

M. Tilghman s'occupa d'abord d'entailler la pierre ou les métaux durs au moyen d'un jet de sable poussé par de la vapeur s'échappant sous une haute pression. Ses premières expériences furent faites à une pression très élevée, mais, après s'être rendu compte des résultats obtenus avec des vitesses diverses, il reconnut que le sable projeté par de l'air soufflé, avec très peu de force, donnait lieu à de nombreux usages, et il appliqua le procédé à éroder ou dépolir les verres d'ornementation.

Pour dépolir le verre, il se sert d'un ventilateur rotatif ordinaire, de 30 pouces de diamètre, exécutant 1,500 révolutions par minute, et qui donne un courant d'air à la pression d'environ 4 pouces d'eau, à travers un tube vertical, de 2 pieds de hauteur sur 60 pouces de long et 1 pouce de large.

Le sable est versé par le haut de ce tube, et tombant dans le courant d'air qui lui imprime sa vitesse, il est lancé contre les feuilles de verre, que l'on fait passer lentement à un pouce environ de l'extrémité du tube. Une exposition au jet de sable est suffisante pour dépolir complètement la surface du verre ordinaire ; de sorte que des feuilles de verre, placées sur des courroies sans fin, peuvent être passées sous cette pluie de sable d'un pouce de diamètre, en les faisant avancer à raison de 5 pouces par minute. Dans l'appareil employé à cet effet, le sable dépensé est ramené à la trémie supérieure par des élévateurs, et la poussière produite par le jet de sable, qui pourrait être nuisible à l'opérateur, est précipitée dans le ventilateur, d'où elle passe dans le porte-vent, pour se mêler de nouveau avec le jet de sable lancé sur le verre.

En couvrant la surface du verre d'un patron fait d'une manière souple ou élastique, telle que le papier, le ruban, le caoutchouc, etc., on peut graver tous genres de dessins.

On fabrique une sorte de verre coloré en coulant une couche mince de verre coloré sur une des faces d'une feuille de verre blanc. Si, après avoir placé un patron convenable sur la face colorée, on l'expose au jet de sable, le patron sera reproduit dans la couche colorée dans un temps qui variera de 5 à 10 minutes, suivant son épaisseur.

On calcule que la vitesse théorique d'un courant d'air (sans tenir compte du frottement) à la pression de 4 pouces d'eau, est d'environ 135 pieds par seconde; dans ce cas, évidemment, la vitesse du sable est beaucoup moindre.

Si l'on emploie un courant d'air moins rapide, c'est-à-dire d'une pression d'un pouce d'eau environ, des matières très délicates, telles que des feuilles vertes de fougère, résistent assez longtemps au jet de sable fin pour permettre à toutes leurs lignes de se graver sur le verre.

En graduant convenablement le temps de l'exposition, de manière à laisser le sable entamer les parties minces des feuilles, en ne conservant que les côtes centrales et leurs ramifications plus épaisses, on produira l'effet d'une gravure ombrée. Une pellicule de gélatine bichromatée, employée comme un négatif photographique, sera d'une résistance suffisante pour qu'on puisse graver un dessin sur le verre au moyen d'un jet de sable fin lancé avec une vitesse très modérée.

Pour entamer la pierre, l'inventeur se sert de la

vapeur comme propulseur du jet de sable; l'effet produit est d'autant plus rapide que la pression est plus forte, et que la vitesse imprimée au sable est d'autant plus grande.

Supposons qu'on emploie de la vapeur à 100 livres de pression; — on introduit le sable par un tube en fer central d'environ 3/16e de pouce de calibre, tandis qu'on fait sortir la vapeur d'un passage annulaire qui entoure le tube à sable. Il se produit ainsi un certain courant d'air par aspiration, qui attire le sable du tube central dans le jet de vapeur; celle-ci entraîne avec elle le sable, auquel elle imprime sa vitesse, à travers un tube d'environ 6 pouces de long, et vient finalement frapper sur la pierre, placée à peu près à un pouce de l'extrémité du tube.

L'effet est d'autant plus considérable qu'on laisse échapper une plus grande quantité de sable et de vapeur. Cependant, si l'on pratique un trou d'un diamètre un peu plus grand que celui du jet de vapeur, on remarque que la vapeur et le sable se contrarient et diminuent l'efficacité du jet.

Dans des conditions favorables, et en employant une force de vapeur égale à 1 cheval 1/2, sous une pression d'environ 125 livres, on peut tailler par minute 1 pouce 1/2 cube de granit, ou 3 pouces cubes de marbre, ou 10 pouces cubes de grès brun tendre.

Le sable quartzeux, lancé avec une grande vitesse, entame des substances plus dures que lui, et même le corindon. On a pu percer, en 10 minutes, un trou d'un pouce de long sur 1/4 de pouce de large, dans une lime d'acier trempé, avec un jet de vapeur à une pression de 100 livres.

Parmi les exemples curieux de verre [illegible] à [illegible] procédé, M. Wahl présenta un morceau de verre à vitres ordinaire qui, recouvert d'une [illegible] que, avait été complètement percé à jour et [illegible] l'aspect d'un tamis de verre, avec des [illegible] de 1/12e de pouce, séparées par des mailles [illegible] 1/16e de largeur.

Examinées au microscope, les feuilles de verre dépolies par cette méthode montrent une [illegible] de creux formés par les arêtes des grains de sable et paraissent plus uniformes que les surfaces [illegible] par les procédés ordinaires.

Un fait curieux, qui se rattache à la mise en œuvre du procédé, c'est que lorsqu'une surface [illegible] être sculptée en creux ou en relief, est protégée partiellement par des armures ou patrons en métal, ceux-ci prennent une courbure de bas en haut sous les coups des grains de sable, de sorte que les patrons en papier sont plus durables que des patrons découpés dans le bronze. Il en est de même pour des plaques d'acier trempé, qui ne résistent pas davantage à l'action des particules fines du sable, à moins qu'elles ne soient revêtues de matières élastiques. La dentelle fine peut servir à protéger le verre dans l'opération du dépolissage, et elle laisse les lignes polies de ses dessins en saillie sur la surface dépolie.

A une réunion de la Société photographique de Philadelphie, M. Tilghman a présenté quelques spécimens de gravure sur verre préparé par ce procédé au sable. On fait sur verre le négatif d'un dessin à la gélatine bichromatée, on le soumet ensuite à l'action d'un jet de sable, sous une pression de 1

à 4 pouces d'eau; la pellicule de gélatine protège le verre, et le sable n'attaque que les parties laissées à découvert. L'opération est complète dans trois à dix minutes. Les plus beaux spécimens ont été produits en employant du sable fin passé au tamis, sous une pression de 3 centimètres environ, avec une exposition un peu plus longue de la surface à graver.

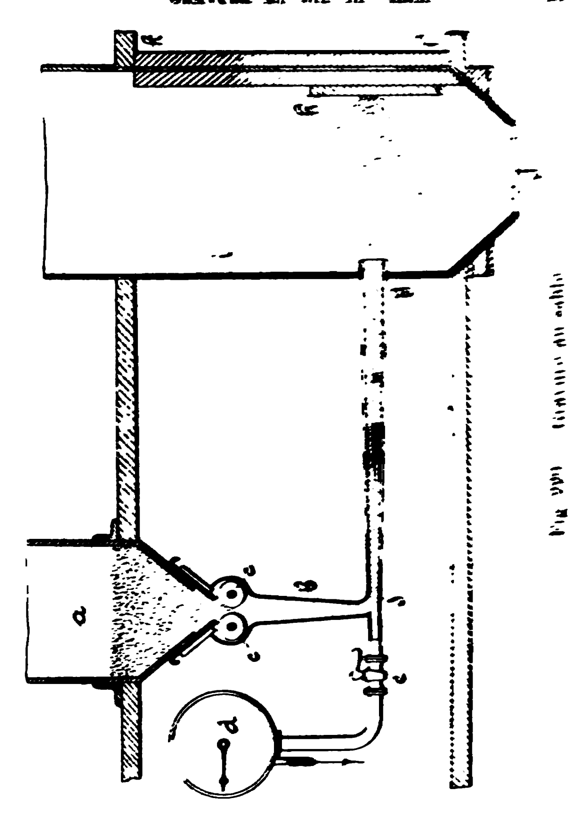
Nous allons donner quelques détails sur ce procédé :

Une plaque de verre bien dressée et bien polie est enduite d'une couche de gélatine bichromatée, avec toutes les précautions qui sont décrites dans le *Manuel de Photogravure*, et sur lesquelles nous n'insisterons pas. Cette préparation se fait dans le cabinet noir.

Si c'est un dessin que l'on veut graver, on le décalque ou on le trace sur du papier calque avec de l'encre de Chine ; on le retourne et on l'applique sur la glace gélatinée. Si c'est une photographie, on place le cliché sur la plaque après l'avoir ou non retourné.

Dans les deux cas, on insole dans le châssis à exposer comme il est dit à propos de la photogravure. Toutes les parties insolées correspondant aux blancs du dessin sont devenues insolubles. On lave la plaque à l'eau chaude (80°) jusqu'à ce que toutes les particules de gélatine non insolées aient été dissoutes et que les portions de verre qu'elles recouvraient soient mises à nu. On expose alors la plaque à l'action du jet de sable dans un appareil tel que celui qui est représenté figure 229.

Le sable fin (sable de Fontainebleau) est mis dans une trémie *a*, d'où il s'écoule d'une façon continue



par le tuyau *b*; on règle à volonté la chute du sable au moyen de deux rouleaux cannelés *c*, tournant en sens inverse, dont on augmente ou diminue la vi-

tesse en poussant plus ou moins la courroie sur le cône de commande. On a un réservoir d'air comprimé *d* qui communique par un tuyau muni d'un robinet *e* avec une buse conique *f g*, où tombe le sable; au fur et à mesure qu'il arrive, il est entraîné par ce courant d'air et vient frapper la plaque *h*. Cette plaque est placée verticalement sur un morceau de bois bien dressé, et, entre les deux, on met plusieurs feuilles de papier pour faire matelas. Pour éviter les projections de sable, la plaque est placée au fond d'une chambre en bois *i* dans laquelle débouche la buse *g*; le sable tombe à la partie inférieure *j* dans une caisse et on le reporte à la trémie *a*.

On met la plaque au point convenable au moyen d'une fenêtre pratiquée dans le fond *kl* de la chambre *i*. Lorsque la gravure est un peu grande, on expose successivement toutes ses parties à l'action du sable en la déplaçant transversalement et verticalement au moyen de vis.

L'air est comprimé dans le réservoir *r* au moyen d'une pompe de compression ou d'un compresseur hydraulique.

En cinq minutes une plaque est gravée. Tout le verre qui n'est pas protégé est dépoli, et en enlevant la couche de gélatine, on trouve les dessins sur le verre. Les vides de la peinture forment les surfaces dépolies, et les ombres forment les surfaces transparentes.

On enlève la gélatine adhérente à la plaque en plongeant cette dernière dans une cuve en plomb renfermant de l'acide à 66° B.; on rince à l'eau et on sèche.

M. Regnault, constructeur de fours à Saint-Denis

(Seine), a pris un brevet pour une machine actionnée par un ventilateur Roots. Ce qui la distingue de toutes les machines à air connues, c'est que le sable, par une combinaison spéciale, est projeté de bas en haut, ce qui donne une très grande facilité pour le travail et permet au sable de revenir seul à son point de départ pour être projeté de nouveau.

Pour graver avec cette machine, on emploie des vignettes en celluloïd, qui font partie du brevet pris par M. Regnault. Ces vignettes permettent de faire des dessins très fins et elles durent plusieurs fois autant que toutes les vignettes métalliques employées jusqu'à ce jour.

On peut également graver au moyen de l'encre obtenue par le procédé Tilghman, ou de toute autre encre se reportant bien sur l'objet à graver, pourvu qu'elle offre une résistance convenable. La gravure au moyen de l'encre permet de remplacer avantageusement et surtout économiquement la gravure à l'acide fluorhydrique.

M. Regnault fabrique une petite machine du même système fonctionnant au pied. Cette machine convient surtout pour les faïenciers qui n'ont pas de graveur chez eux et qui n'ont pas de force motrice. Avec cette machine, le client peut voir graver sur les objets qu'il achète soit son chiffre, soit ses initiales, et cela instantanément.

On fabrique chez M. Regnault des machines de toutes grandeurs, depuis la machine marchant au pied jusqu'à la machine pouvant dépolir d'un seul coup une feuille de verre ou une glace de 1 mètre de largeur.

En se servant de la soufflerie d'une lampe d'émail-

leur, on peut facilement graver, dans les laboratoires, les divisions des tubes gradués, les étiquettes des flacons, etc. Quelques minutes suffisent pour dépolir une plaque de deux décimètres carrés.

Les parties du verre qui doivent rester intactes sont recouvertes d'un patron en papier ou d'un vernis qui forme les réserves.

III. GRAVURE A L'ÉMERI

La gravure à l'émeri est d'une exécution facile, à la portée de tous les artistes. *M. de Graffigny* a décrit, dans les *Industries d'amateurs*, un procédé très simple, que nous recommandons à nos lecteurs :

« Pas d'outillage, ou tout au moins un outillage rudimentaire : tout l'attirail se compose d'une livre d'émeri un peu gros, d'une livre de plomb de chasse et d'une boîte rectangulaire de 25 à 30 centimètres de longueur.

Une boîte à cigares, dont l'un des côtés serait muni de charnières et l'autre d'un crochet de fermeture, remplirait parfaitement le but; n'oublions pas d'ajouter que le bord de cette fermeture doit être recouvert d'une bande de feutre ou de drap pour ne pas laisser filtrer la poudre d'émeri.

Cette boîte est destinée à agiter et à rouler le plomb et l'émeri sur la surface du verre ou du cristal qui est installée au fond de la boîte ou sur l'un des côtés, suivant ses dimensions.

Si la surface à attaquer était plus grande que la boîte, on modifierait ses dimensions.

Si la surface était courbe comme les parois d'un verre ou d'un gobelet, on s'ingénierait à installer cet

objet à une des extrémités de la boîte, soit en pratiquant une ouverture appropriée, soit en l'y maintenant avec des bandes de caoutchouc.

On découpe dans du papier la figure à graver, et on colle celui-ci avec de la gomme, sur la plaque de verre qu'on veut mettre en œuvre : il faut ensuite laver la surface, enlever avec soin la gomme qui aurait pu se répandre sur les parties laissées à nu, afin qu'elles soient bien nettes (1).

Quelques personnes usent d'un autre procédé : quand la finesse du dessin rend le découpage du papier trop difficile, elles établissent leurs réserves avec un vernis gras et épais, c'est-à-dire qu'elles recouvrent de vernis toutes les parties qui ne doivent pas être attaquées, après avoir décalqué leur modèle sur la surface polie.

Les deux procédés sont également employés, mais le dernier a l'avantage de se prêter à la gravure des lignes les plus légères, à la reproduction exacte d'une dentelle.

Tout ce qui n'est pas recouvert de papier ou de vernis est vivement attaqué par le plomb et par l'émeri, et la netteté du dessin dépendra de la régularité des couvertes, qui doivent être dans l'un et l'autre cas de la plus scrupuleuse régularité de lignes et de formes.

Tous les genres de dessin peuvent être reproduits par ce procédé sur les verres et cristaux, les initiales, les chiffres, les inscriptions et tous les genres d'ornementation, à plat bien entendu.

(1) Le patron ajouré est fait en papier épais. Le collage doit être irréprochable.

Quand les objets sont installés et fixés dans la boîte, on y introduit la poudre d'émeri et le plomb de chasse, on referme le couvercle et on secoue fortement et longtemps dans le sens vertical, afin que plomb et émeri attaquent directement en retombant la surface à dépolir.

Dans toute cette opération, le plomb n'est qu'un agent conducteur, mais nécessaire ; les grains de plomb, les parcelles d'émeri viennent ensemble frapper la plaque ou la surface à graver, au bout d'un instant les parcelles d'émeri s'incrustent dans le métal mou et chaque grain de plomb prend l'aspect d'une petite meule sphérique, hérissée d'aspérités ; ces grains armés, et les parcelles libres d'émeri, attaquent bientôt avec plus de violence les surfaces découvertes de la plaque.

L'opération se prolonge plus ou moins suivant le degré de dépolissage ou d'incrustation à obtenir ; c'est œuvre de patience.

Si l'on emploie de l'émeri plus gros et du plomb plus fort, l'opération marche plus hâtivement, mais le dépolissage est plus informe ; si au contraire on désire une gravure plus douce et plus uniforme, on réduira la grosseur du plomb et de l'émeri (1).

L'usage et la pratique en diront plus sous ce rapport que tous les renseignements.

Après l'opération, la plaque est retirée de la boîte,

(1) Lorsqu'on veut obtenir certaines parties plus profondes que d'autres, on recouvre les parties suffisamment gravées avec l'une des compositions suivantes :

I.	Colle de graine de lin	1000 gr.
	Colle de pâte	200
	Poudre d'amiante	250

débarrassée des papiers et des vernis qui ont servi aux réserves, et c'est alors qu'on peut voir le dessin avec tous ses détails ressortir en mat sur le fond brillant.

Quelquefois on grave à l'émeri à l'aide du tour.

Sur l'arbre d'un petit tour à pédale on fixe un disque de cuivre dont l'épaisseur et le diametre doivent être en rapport avec le sujet à graver. On recouvre ensuite la circonférence de ce disque avec une pâte formée d'huile d'olive et d'émeri très fin, puis, après avoir indiqué sur le verre, à l'aide d'un mélange d'eau, de gomme et de céruse, les contours du dessin à graver, on imprime au tour un mouvement de rotation dont la vitesse doit dépendre du diamètre de la roue.

Pour protéger les yeux contre les [illegible] projette le disque sous l'action de l[illegible] il est indispensable de disposer a[illegible] même plan une lame de méta[illegible] support mobile le long d'une ti[illegible]

Par ce procédé, certains [illegible] tables camées, au moyen de [illegible] més de deux ou plusieurs [illegible] sées. Les reliefs du d[illegible] quant ou en réservant [illegible] d'émail.

II. Colle de [illegible]
Colle de [illegible]
Colle de [illegible]

La colle de [illegible] deux heures [illegible] de savon de Marseille [illegible] un fin tamis de [illegible]

Dans un genre de travail aussi délicat, il faut une grande légèreté de main, car si la couleur a été trop enlevée à une place, il est impossible de la rétablir, et la gravure est complètement perdue.

IV. GRAVURE A LA POINTE

« Ce genre de gravure, qui exige beaucoup d'habileté et une longue pratique, dit M. de Graffigny, s'exécute à l'aide d'une broche qui est terminée par une pointe d'acier ou de silex que l'on adapte au barillet d'un tour.

L'artiste commence par dessiner sur le cristal ou le verre le sujet qu'il doit graver, puis, après avoir mis son tour en marche, il présente le cristal ou le verre à la pointe en ayant soin de bien suivre le tracé et d'appuyer plus ou moins, selon la profondeur qu'il convient d'obtenir.

C'est par ce procédé que sont faites les plus belles gravures qui décorent les cristaux de Bohême, d'Italie et de France et dont la plupart sont des chefs-d'œuvre de composition. »

Le verre se grave aussi à la main comme le cuivre se grave au burin, en remplaçant ce dernier par une pointe de diamant montée ou une pointe d'iridium ou d'un alliage d'iridium et de palladium.

On se sert aussi pour le même objet du *crayon électrique*, dont *M. Villon* a eu la première idée. Il consiste en une tige de métal à l'extrémité de laquelle est monté un diamant; cette tige reçoit un mouvement rapide de rotation sur elle-même au moyen d'un mécanisme actionné par un courant électrique provenant d'une pile au bichromate. On pro-

mène ce [illegible]
et l'on [illegible]
profond. [illegible]

[illegible]

Dans [illegible]
avait [illegible]
fil de [illegible]
rant [illegible]
forme de [illegible]
mètre [illegible]
expériences sur [illegible]
courant [illegible]
sitive ou [illegible]
ou en [illegible]
il a eu [illegible]
était [illegible]
trode. [illegible]
formés [illegible]
surface [illegible]

En [illegible]
de potasse [illegible]
moindre [illegible]
sels, pour produire [illegible]
fication.

Ces [illegible]
quer le courant [illegible]
sur cristal [illegible]
verre ou [illegible]
concentrée [illegible]
ment le liquide sur [illegible]
sur une lame [illegible]

D'autre part on fait plonger, dans la couche liquide qui recouvre le verre, et le long des bords de la lame, un fil de platine horizontal communiquant avec les pôles d'une batterie secondaire de 50 à 60 éléments; puis tenant à la main l'autre électrode formée d'un fil de platine entouré, sauf à son extrémité, d'un étui isolant, on touche le verre, recouvert de la couche mince de solution saline, aux points où l'on veut graver des caractères ou un dessin.

Un sillon lumineux se produit partout où touche l'électrode, et quelle que soit la rapidité avec laquelle on écrive ou l'on dessine, les traits que l'on a faits se trouvent nettement gravés sur le verre. Si l'on écrit ou si l'on dessine lentement, les traits sont gravés profondément; quant à leur largeur, elle dépend du diamètre du fil servant d'électrode; s'il est taillé en pointe, ces traits peuvent être extrêmement déliés.

On peut graver avec l'une ou l'autre électrode; il faut toutefois un courant moins fort pour graver avec l'électrode négative.

Bien que M. G. Planté ait obtenu ces résultats en faisant usage de batteries secondaires, il est clair qu'on peut employer de préférence, pour un travail continu, toute autre source d'électricité, de quantité et de tension suffisantes, soit une pile de Bunsen d'un assez grand nombre d'éléments, soit une machine dynamo-électrique à courants continus ou alternatifs.

Les journaux scientifiques ont publié récemment la description d'un procédé de gravure électrique, inventé par un Américain, le *Dr Phelps*.

Ce procédé, qui ne semble pas différer beau-

coup de celui de *G. Planté*, serait basé sur ce principe qu'un fil de platine porté au blanc laisse sur le verre un bourrelet très mince transparent, formant, sur un fond coloré, un dessin plus clair.

L'outil employé pour mettre ce procédé en pratique se compose d'un tube métallique bourré d'amiante et traversé par deux fils conducteurs dont l'une des extrémités est reliée au générateur d'électricité et l'autre à un fil de platine que le courant portera au blanc et qui laissera sur le verre la trace que nous avons indiquée plus haut.

Une pointe d'ardoise permet d'appuyer le fil de platine sur le verre.

VI. PROCÉDÉS DIVERS

HYALOCHROMATOTYPIE

C'est un procédé de gravure photochimique que *M. Villon* a imaginé et qu'il a décrit de la manière suivante :

« Sur une plaque de verre, bien dressée et polie, nous étendons, avec toutes les précautions nécessaires, une couche de gélatine composée de :

Eau	1000 gr.
Gélatine	100
Borax	30
Glycérine.	10

Nous faisons sécher à l'étuve et nous nous servons de cette glace ainsi préparée comme d'un papier calque. Le dessin à reproduire étant collé sur le dos de la glace, nous le dessinons sur la surface gélatineuse avec un crayon composé de :

Bichromate de potasse en poudre. .	50 gr.
Borax	5
Glycérine.	15
Vaseline	5
Violet de Paris.	2

Lorsqu'on n'a pas de dessin à calquer, on pose la plaque de verre sur une feuille de papier blanc, et l'on dessine sur la surface gélatineuse comme sur une feuille de papier, et l'artiste peut, avec son improvisation, mettre tout son talent au sujet qu'il trace.

Le tracé étant terminé, la plaque est placée dans un lieu humide, pendant quelques heures : dans une cuve ou bien dans un vase rempli d'eau. Elle est exposée ensuite une demi-heure au soleil; toutes les parties qui ont été touchées par le crayon au bichromate de potasse sont rendues insolubles. La plaque est plongée pendant un quart d'heure environ dans l'eau chaude (80° C.), la gélatine non sensibilisée se dissout et laisse le verre nu. Après lavage et séchage, elle est prête pour la gravure mécanique ou chimique. »

HYALOLIPHOTYPIE

Ce procédé de gravure, d'origine américaine, consiste à dessiner le sujet que l'on désire graver sur verre, au moyen d'une plume appelée : *plume hyalo-liphotype*. Cette plume consiste en un tube cylindrique à l'extrémité duquel se trouve une lame ou plume chauffée par un jet de gaz ou un courant électrique. De la cire étant placée dans le cylindre, celle-ci fond au fur et à mesure, coule le long de la plume où elle s'échauffe et devient très fluide, ne se

dépose que sur tous les endroits touchés par cette dernière et s'y solidifie aussitôt. La cire ne peut couler qu'autant que l'extrémité de la plume appuie sur la plaque de verre. La gravure terminée, il ne reste plus qu'à la graver par les méthodes chimiques ou mécaniques. A la place de la cire on emploie avec avantage la paraffine ou un mélange de paraffine et de vaseline, suivant la saison.

CHAPITRE XXII

APPLICATION DES MÉTAUX SUR LE VERRE

SOMMAIRE. — I. Etamage. — II. Argenture. — III. Platinage. — IV. Dorure. — V. Cuivrage du verre.

I. ÉTAMAGE

Jusqu'en 1840, l'étamage des glaces s'est fait exclusivement et traditionnellement au moyen d'un amalgame de mercure et d'étain. Dans cette opération, c'est le mercure qui fournit à la glace la propriété de réfléchir les images sans décomposition, sans amoindrissement trop sensible de la lumière, et c'est l'étain qui sert à retenir le mercure sur la surface de la glace où il est appliqué. L'étain ne joue ici que le rôle accessoire ; il n'en a pas moins donné son nom au résultat de l'opération, au tain des glaces. Il entre dans une proportion à peu près égale à celle du mercure

dans ce qui constitue l'amalgame étendu et fixé à l'une des surfaces de la glace : sans étain, le *vif-argent* ne pourrait y adhérer le moins du monde : le *gardien* remplit donc là une fonction essentielle ; mais dans la dénomination du fait, le nécessaire a prévalu sur l'indispensable.

Pour étamer une glace, on n'applique pas sur elle l'amalgame tout fait. On commence par préparer celui-ci sur une grande table en pierre, bien plane, pourvue de rigoles sur son pourtour ; elle est montée à un mètre au-dessus du sol sur quatre pieds, dont deux, situés aux extrémités d'un même côté de la table, peuvent être abaissés ou soulevés à volonté au moyen de crémaillères et de pignons à manivelle.

La table étant parfaitement horizontale, on commence par l'essuyer avec soin, et l'on y dépose la feuille d'étain. Celle-ci a une épaisseur d'un millimètre et ses dimensions doivent excéder de quelques centimètres celles de la glace à étamer. Elle doit être d'une seule pièce, sinon des raies se produiraient dans la glace. On l'étend bien sur la table, de façon qu'elle ne fasse aucun pli ; l'instrument qui sert à cet usage est représenté figure 230. C'est un morceau de bois placé sur champ et garni de cuir sur le côté opposé à la poignée. On emploie quelquefois des brosses.

Quand la feuille est bien étendue, on procède à son nettoyage. Pour cela, on verse, en différents points de sa surface, du mercure à l'aide d'une sébile en bois, et on la frotte en tous sens avec un instrument formé d'une plaque de bois *a* (fig. 231) munie d'un coussin recouvert de flanelle *b*, et d'un manche assez long *c*. On frotte jusqu'à ce que la feuille d'étain soit entièrement mouillée et imbibée de mercure.

L'ouvrier pousse alors le mercure en excès sur les bords et le rejette dans la rigole qui borde la table.

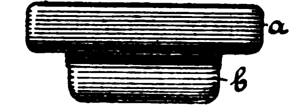


Fig. 230. — Tampon pour l'étamage des glaces.

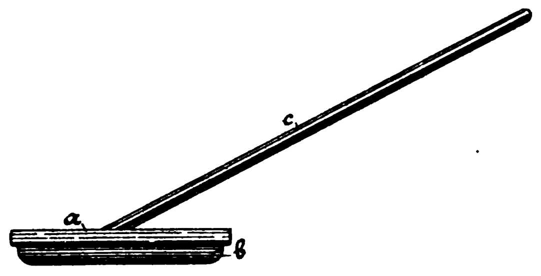


Fig. 231. Frottoir pour répandre le mercure sur les glaces.

Une fois cette opération terminée, on place sur trois des côtés de la feuille d'étain des règles en bois destinées à retenir le mercure dont on va recouvrir la feuille. Ces règles sont chargées de poids en leur milieu et à leurs extrémités de manière à ce qu'elles s'appliquent exactement sur l'étain. Ensuite, au moyen des sébiles de bois dont nous avons déjà parlé, on verse graduellement du mercure jusqu'à ce qu'il atteigne une épaisseur de 5 à 10 millimètres environ. Ce métal étant très dense, toutes les matières étrangères qui auraient pu rester sur la feuille d'étain remontent à sa surface. Il se forme sur le bain de mercure une pellicule d'oxyde que l'on doit enlever au

moyen du tranchant d'une règle qui est légèrement promenée sur la superficie du bain, de façon à ce que l'étain ne soit pas touché.

Pendant ce temps on prépare la glace qui arrive du magasin; on l'essuie et on la frotte des deux côtés avec une flanelle et du blanc de Meudon ; la glace est posée sur une table garnie d'une épaisse couverture de flanelle.

Pour poser la glace sur la feuille d'étain, deux ouvriers, ou un plus grand nombre si la glace est longue, la saisissent par ses extrémités, en ayant soin d'interposer des feuilles de papier entre leurs mains et le verre, et en évitant de diriger leur haleine sur celui-ci, afin de le préserver de la moindre souillure. Ils posent un bout de la glace sur le bord de la feuille d'étain, du côté où il n'y a pas de règle, et ils la font glisser sur la table en l'inclinant insensiblement de façon à ne pas appuyer sur l'étain. La glace chasse devant elle le mercure qui recouvre la feuille, et avec lui toutes les impuretés qu'il tient en suspension; on voit à mesure que la glace avance, le mercure apparaître au-dessous avec son éclat définitif.

Il doit exister un contact parfait de toute la superficie de la glace avec le mercure du bain sans oxyde ni poussière et sans solution de continuité.

Lorsque le contact parfait a été obtenu, la glace flotte sur le bain, il reste à la plonger et à faire adhérer l'étain à la surface inférieure ; c'est ce que l'on obtient par la pression.

On retire les règles, on recouvre la glace d'une couverture de laine et on la charge de poids. Ces poids sont généralement des blocs de fonte (fig. 232) pesant environ 10 à 12 kilogrammes. On en met sur

toute la surface de la glace à raison de 800 à 900 kilogrammes par mètre carré.

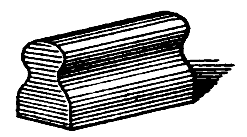


Fig. 232. — Bloc pour le chargement des glaces étamées.

On incline la table légèrement, pour faire égoutter le mercure en excès, et on abandonne la glace en cet état pendant deux ou trois jours, en augmentant son inclinaison de temps en temps jusqu'à 10 ou 12 degrés.

Au bout de ce temps, on décharge la glace : la feuille d'étain y adhère parfaitement. Comme elle retient encore un peu de mercure, on enlève la glace à l'aide d'un solide cadre en bois qui dès ce moment va la contenir ; au moyen de cordes et de poulies fixées au plafond, on donne au cadre une faible inclinaison, dans le sens de la diagonale, de manière qu'il touche à terre par un seul coin vers l'endroit où le mercure suinte lentement ; on augmente l'inclinaison tous les jours jusqu'à la position verticale, afin d'expulser de la glace toute la quantité de mercure qui ne fait point partie intégrante de l'amalgame.

On la dépose ensuite sur un égouttoir (fig. 233). Les égouttoirs sont des plans inclinés en ciment, pourvus d'un châssis vertical en bois, à la partie supérieure et d'une rigole servant à recueillir le mercure à la partie inférieure.

Les glaces sont mises à égoutter pendant huit jours

sur un de leurs angles, puis pendant une autre semaine au moins sur un côté.

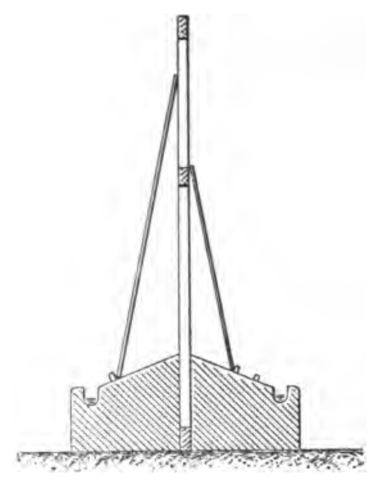


Fig. 233. — Chevalet pour l'égouttage des glaces étamées.

Pendant les trois ou quatre semaines que dure l'égouttage, suivant les dimensions des glaces, il faut éviter toute espèce de commotion. Le tonnerre, les coups de canon tirés dans le voisinage suffisent quelquefois pour occasionner des dommages considérables à l'étamage. Tant qu'il reste du mercure neutre dans la glace, on est exposé à perdre le fruit du travail, car en s'écoulant brusquement entre l'étain et la glace, il peut produire des traînées dénudées d'étamage.

L'égouttage ne dure jamais trop, car pendant des mois, pendant des années, le mercure tend à se sé-

parer de l'amalgame en abandonnant [illegible] en place sans utilité. Le mercure [illegible] des glaces et s'y réunit en gouttes. [illegible] ment et le transport des glaces étamées [illegible] de grandes précautions ; on ne peut toucher [illegible] y poser les doigts sans le détériorer. Si on [illegible] les glaces dans les déménagements [illegible] haut ce qui a été désigné pour être en bas, le tain [illegible] la glace est perdu ; le mercure prend aussitôt au travers de l'étain un autre niveau que celui qu'on lui a ménagé dès le premier jour de l'étamage. De là des taches et autres défauts qui exigent une nouvelle opération d'étamage.

Ces inconvénients des glaces étamées, qui tiennent au peu d'affinité réciproque entre le mercure et l'étain, ne sont pas les seuls. On sait qu'on parvient toujours, au moyen de la chaleur, à séparer le mercure des différents métaux avec lesquels il a la propriété de s'amalgamer ; mais avec la plupart de ces métaux, il faut une chaleur plus ou moins intense, tandis qu'avec l'étain la chaleur solaire suffit pour volatiliser le mercure et supprimer ainsi toute propriété de réflexion spéculaire.

L'action d'une lumière trop vive détermine encore dans l'amalgame une sorte de cristallisation qui nuit singulièrement à son pouvoir réfléchissant et produit sur la glace l'apparence d'un fond sablé.

L'humidité n'attaque pas moins l'amalgame d'étain avec rapidité ; il n'est pas rare de voir de très belles glaces étamées au mercure dont la couche réfléchissante est crispée, fissurée, comme chancie : le mercure éprouve aussi bien que l'étain une légère altération de la part de l'air à la température ordinaire ;

il se ternit et une petite quantité d'oxyde de mercure ne tarde pas à se former.

Enfin le plus grave inconvénient réside dans l'action pernicieuse des vapeurs mercurielles sur la santé des ouvriers. Pendant toute la longue et délicate opération de l'étamage, l'ouvrier ne cesse pas d'être en contact avec le mercure tant par la surface cutanée que par les organes respiratoires ; au bout d'un certain temps, de graves accidents ne manquent pas de survenir : salivation, vertiges, perte de mémoire, tremblement, paralysies partielles, douleurs ostéoscopes, etc.

« Aux environs de Nuremberg, de Furth, écrivait *M. J. Nicklès* en 1860, l'étamage des glaces se fait sur une très grande échelle ; aussi les médecins de ce pays ont-ils fort à lutter contre les maladies causées par l'émanation des vapeurs mercurielles. Malgré les mesures hygiéniques en vigueur, les ouvriers étameurs y vieillissent vite et perdent de bonne heure l'usage de leurs facultés. »

Cette redoutable profession, où beaucoup d'ouvriers trouvaient une mort prématurée à la suite de longues souffrances, est aujourd'hui presque complètement abandonnée grâce aux procédés d'argenture.

Avant de décrire les procédés de l'argenture, nous indiquerons deux procédés pour étamer les glaces de verre que l'on place dans les parcs et les jardins :

1° Fondez 10 grammes de plomb bien pur avec autant d'étain, puis ajoutez 10 grammes de bismuth et enlevez l'écume ; retirez du feu, et avant que l'alliage soit refroidi, ajoutez 100 grammes de mercure et mélangez. Passez l'amalgame à travers une toile fine, puis versez-en dans le globe à étamer la quan-

tité que vous jugerez nécessaire, au moyen d'un entonnoir de papier allant jusqu'au fond, pour éviter les éclaboussures. Tournez ensuite le globe lentement pour que l'étamage adhère partout au verre ;

2° Faites un alliage de 3 parties de plomb, 2 parties d'étain et 5 parties de bismuth ; mettez une certaine quantité de cet alliage dans le globe à étamer et trempez dans l'eau bouillante jusqu'à ce qu'il soit fondu (cet alliage fond à 90° C. environ) ; tournez alors le globe lentement de côté et d'autre de façon à obtenir une couche égale qui, en se refroidissant, durcira et adhèrera solidement au verre.

Ce procédé est un des moins coûteux et des plus durables qui existent pour étamer le verre.

II. ARGENTURE

L'idée de l'argenture appartient à *M. Liebig*, mais cet éminent chimiste n'a fait à proprement parler qu'une expérience de laboratoire. L'idée naquit d'une observation fortuite. Voici le principe :

Précipiter l'argent d'une solution argentifère dans des circonstances telles que l'attraction du verre pour les molécules d'argent soit supérieure à celle de l'eau ou du liquide argentifère pour ces mêmes molécules.

Et voici l'observation :

Ayant fait réagir de l'*aldéhyde* sur une *solution ammoniacale d'argent*, M. Liebig vit le métal réduit et précipité de sa solution se déposer sur le verre sous forme d'une pellicule fortement adhérente à la surface sous-jacente.

A cette réaction, la première de ce genre qui se

soit montrée constante et qui ait été bien observée, l'industrie actuelle se rattache, comme toute pratique industrielle se rattache à une expérience de laboratoire, par une longue suite d'essais, de tâtonnements, de découvertes et de perfectionnements intermédiaires.

M. Liebig proposa sa découverte comme moyen de reconnaître la présence de l'aldéhyde. Ceci se passait en 1836. Bientôt on vit en elle le principe d'une industrie.

La solution du problème chimique était dans la découverte d'un agent réducteur. M. Liebig avait essayé de l'aldéhyde; on a essayé après lui du *sucre*, des *huiles essentielles*, des *acides mucique*, *saccharique*, de *la lactine*, etc.

Parmi tous les savants qui étudièrent la question à cette époque, le chimiste anglais *Drayton* doit être cité en première ligne, parce que c'est lui qui est entré le plus avant dans la pratique.

La méthode de M. Drayton consistait dans l'emploi d'une *dissolution ammoniacale* et très étendue d'*azotate d'argent* dans laquelle on mélangeait une *solution alcoolique d'huiles essentielles* facilement oxydables (telles qu'essences de cassis, de girofle, etc.).

A 30 grammes d'un sel d'argent (azotate) dissous dans 60 grammes d'eau distillée, on ajoutait 15 grammes d'ammoniaque (alcali volatil), puis, vingt-quatre heures écoulées, 29 à 30 gouttes d'essence de cassis ou de girofle, dissoute dans 90 grammes d'alcool à 60 degrés. L'opération n'exigeait qu'une heure, et la glace ainsi obtenue offrait un excellent pouvoir réflecteur; de plus, on ne dépensait, par mètre carré d'argenture, que 1 fr. 53 d'argent, tandis que la

même surface absorbe environ 183 grammes de mercure et 530 grammes d'étain, représentant une valeur totale de 4 fr. 10.

Ce procédé excita un moment les plus brillantes espérances; on entreprit de l'exploiter vers 1845. mais l'épreuve de la pratique lui a été contraire, et il est depuis longtemps abandonné. Voici le jugement que porte sur lui un savant chimiste, M. E. *Kopp* dans le *Moniteur scientifique du chimiste et du manufacturier.*

« La méthode de M. Drayton, après avoir été pratiquée sur une assez grande échelle, a offert de graves inconvénients. La surface argentée, qui d'abord était bien nette et brillante, se recouvrait au bout d'un certain temps de taches brun rougeâtre, provenant de ce que l'argent, en se précipitant sur la surface du verre, entraîne de petites quantités de matières résineuses formées par l'oxydation de l'essence. »

Dans son *Précis de chimie industrielle*, *M. Payen* constate également que : « la production de taches provenant des particules d'essences résinifiées et divers autres inconvénients ont fait abandonner ce procédé. »

Mais le mérite reste à M. Drayton d'avoir tenté la première application industrielle de l'argenture des glaces.

Procédé R. Siemens

Les difficultés de manipulation que présentait le procédé Liebig amenèrent beaucoup de praticiens à chercher une méthode plus simple.

M. R. Siemens a modifié dans ce sens le procédé de

réduction de l'argent. On fait passer du *gaz ammoniac bien sec* dans un vase contenant de l'*aldéhyde*. On prend 2 gr. 5 de ce liquide et 4 grammes d'*azotate d'argent* pour un litre d'eau. On fait dissoudre séparément les deux substances dans de l'eau distillée, puis on mêle les deux solutions, et on filtre.

L'objet à argenter doit être bien nettoyé, de manière à n'avoir rien de gras à sa surface, puis, s'il s'agit d'un globe ou d'une bouteille, on y verse le liquide jusqu'à la hauteur où l'on désire produire l'argenture. On élève graduellement la température jusqu'à 50° C Dès que ce point est atteint, la séparation de l'argent commence, et le métal se dépose sur la surface du verre. La couche est d'abord très mince et d'une couleur foncée. Quand elle a acquis la teinte blanche et brillante de l'argent, il est temps d'enlever ce liquide, car le miroir ainsi obtenu ne tarderait pas à être attaqué par l'aldéhyde. S'il s'agit d'objets plats, on les pose dans le liquide à une distance du fond d'environ 15 à 20 millimètres.

Procédé Liebig modifié

Le procédé imaginé par Liebig a été rendu pratique grâce à l'emploi du sucre de lait comme agent réducteur des sels d'argent. Voici comment ce procédé a été longtemps mis en usage :

On prend une solution ammoniacale d'azotate d'argent, qui contient dans 200 centimètres cubes d'eau 10 grammes d'*azotate d'argent* fondu, on y ajoute plus d'*ammoniaque* qu'il n'en faut pour obtenir une solution claire, puis 450 centimètres cubes d'une lessive de *soude* du poids spécifique de 1,035. On redissout le précipité produit en ajoutant de

l'ammoniaque; on porte le volume du mélange à 1,450 centimètres cubes, on ajoute assez de solution d'argent étendue pour qu'il se forme un précipité gris persistant, et enfin on étend avec de l'eau jusqu'à 1,500 centimètres cubes.

Un peu avant de s'en servir, on mélange ce liquide avec un sixième ou un huitième de son volume d'une solution de *sucre de lait*, qui renferme 10 parties en poids d'eau et une partie de sucre.

La glace à argenter est suspendue dans une cuve remplie avec le liquide argentifère, de façon à ce que la surface du verre plonge entièrement dans le liquide et qu'elle soit distante du fond de la cuve d'au moins 15 millimètres.

La réduction commence immédiatement, la glace paraît d'abord noire, mais bientôt elle devient éclatante. La détermination du poids de la couche d'argent précipité sur une glace a donné 2 g. 210 d'argent par mètre carré.

La glace argentée est lavée avec de l'eau distillée chaude, et séchée dans un lieu chaud. Une fois sèche, la couche d'argent adhère si solidement au verre qu'elle ne peut être que difficilement enlevée et qu'elle peut même être bien polie avec du rouge anglais fin et du velours (1).

L'opération de l'argenture se fait à chaud, dans une étuve. La glace est placée dans une cuve en porcelaine ou en verre et est supportée par de petits cônes qui la maintiennent à la distance voulue du fond. Il faut environ deux heures pour argenter une glace.

(1) *Chimie industrielle.* — Wagner, Fischer et Gautier.

Procédé Browning (1)

On commence par préparer trois solutions normales :

A. *Solution de nitrate d'argent* :

Nitrate d'argent cristallisé. .	5 gr. 83
Eau distillée	124 gr. 40

C'est-à-dire qu'on dissout les cristaux de nitrate d'argent dans environ vingt et une fois et demie leur poids d'eau distillée.

B. *Solution d'alcali caustique* :

Potasse caustique à l'alcool.	31 gr. 10
Eau distillée	777 gr. 60

La potasse caustique est dissoute dans vingt-cinq fois son poids d'eau pure.

C. *Solution de sucre de lait.* (Elle doit toujours être récemment préparée et filtrée) :

Sucre de lait pulvérisé . . .	15 gr. 55
Eau distillée	155 gr. 50

On dissout le sucre de lait dans dix fois son poids d'eau.

Préparation de la liqueur argentifère. — On suppose qu'il s'agisse d'argenter une glace ronde ou un miroir réflecteur de 20 centimètres de diamètre. On verse 62 grammes 2 de la solution A dans un verre d'une capacité de 1,100 centimètres cubes. On ajoute goutte à goutte, en agitant avec une baguette en verre, de l'ammoniaque liquide, jusqu'à ce que le premier

(1) *Chemical News*, 1869, t. XIX, p. 12.

précipité gris soit redissous et la solution claire. On y verse alors 124 grammes 4 de la solution B. Il se forme un précipité brun noirâtre, qu'on redissout en ajoutant la quantité d'ammoniaque liquide tout juste nécessaire pour la redissolution.

On ajoute de l'eau distillée jusqu'à faire un volume de 467 centimètres cubes. Puis on y fait tomber goutte à goutte de la solution A, jusqu'à apparition d'un léger précipité gris qui ne se redissout plus par l'agitation.

A ce point, on ajoute encore 467 centimètres cubes d'eau distillée et l'on met de côté la liqueur pour qu'elle s'éclaircisse par le repos. On décante le liquide clair, sans filtrer. Lorsque tout est prêt pour l'argenture et l'immersion de la glace, on ajoute 62 centimètres cubes de la solution C, et l'on mélange bien.

Le volume total de la liqueur argentifère représente alors très approximativement un litre.

Préparation de la glace. — On prend un petit bloc circulaire en bois d'environ 5 centimètres d'épaisseur et de 15 centimètres de diamètre. D'un côté, on y visse très symétriquement trois pitons pour pouvoir suspendre horizontalement le bloc par des ficelles réunies à leur extrémité par un nœud solide.

On retourne le bloc et on le dispose bien d'aplomb sur une table, pour y verser de la poix fondue. Avant que celle-ci soit refroidie et figée, on y applique, en pressant, le revers de la glace, préalablement enduit d'un peu d'essence de térébenthine, pour que l'adhérence se fasse d'une manière certaine. On laisse refroidir.

Nettoyage de la glace. — La glace, ainsi fixée au

bloc en bois, est de nouveau placée horizontalement et l'on y verse un peu d'acide nitrique concentré, qu'on étend bien sur toute la surface et même sur les côtés étroits avec un peu d'ouate de coton, enroulée autour d'une baguette en verre. On lave ensuite à grande eau ordinaire et l'on finit le lavage par de l'eau distillée.

On dépose enfin la glace dans une assiette contenant un peu d'alcool rectifié jusqu'à ce que la solution argentifère ait été préparée.

Immersion et argenture de la glace. — L'addition de C au mélange des liqueurs A et B, comme cela a été décrit plus haut, est faite dans un vase circulaire en verre ou en porcelaine, d'une profondeur d'environ 7 centimètres 1/2 et ayant un diamètre de 23 centimètres. Immédiatement après le mélange avec C, on y suspend la glace de manière que le liquide dépasse la glace d'environ 6 à 7 millimètres. Le dépôt d'argent se fait en cinquante ou soixante-dix minutes, suivant la température.

En été, cinquante minutes suffisent généralement.

L'argenture étant achevée, on enlève la glace argentée de la solution, on lave à grande eau, terminant le lavage par de l'eau distillée ; puis on la place sur un de ses bords en l'appuyant sur du papier brouillard, afin de laisser drainer et sécher.

La glace argentée étant bien sèche, on polit en frottant circulairement la surface d'argent, d'abord avec une peau très douce et finissant en saupoudrant avec une petite quantité de rouge le plus fin possible.

Un petit miroir peut être argenté en le fixant avec

de la poix à un bouchon. On place le verre comme ci-dessus et employant suffisamment de liqueur argentifère pour former une couche d'un peu plus de 1 centimètre au-dessus du miroir.

Procédé Petitjean

On commence par préparer deux solutions argentifères en opérant ainsi :

Solution n° 1. — Quatre équivalents chimiques de nitrate argentifère ammoniacal, et avec un équivalent chimique d'acide tartrique.

On prend, pour 100 grammes de nitrate d'argent, 62 grammes d'ammoniaque liquide. On verse l'ammoniaque sur le nitrate d'argent jusqu'à ce que la dissolution du nitrate soit complète, et on laisse alors reposer pendant plusieurs heures, après lesquelles le nitrate argentifère ammoniacal cristallise. On ajoute alors 500 grammes d'eau distillée et on remue bien pour faciliter la dissolution des cristaux qui a eu lieu en refroidissant beaucoup la solution. On filtre pour recueillir un peu de poudre noire, qui est de l'argent métallique. Au liquide filtré on ajoute alors, en versant doucement et remuant bien, 11 grammes d'acide tartrique préalablement dissous dans quatre fois son poids d'eau distillée. On verse sur le tout deux litres et demi d'eau distillée, on remue bien et on laisse reposer pour tirer au clair. Lorsque la liqueur a été ainsi tirée, on verse de nouveau sur le précipité de nitrate argentique deux litres et demi d'eau distillée pour en dissoudre le plus possible; on remue bien et on laisse reposer pour tirer au

clair une seconde fois. Ensuite on mêle cette seconde solution avec la première, et pour rendre le mélange parfaitement limpide, on ajoute encore un litre d'eau distillée. Dans cet état, la solution argentique est prête à servir.

Ce qui est resté du précipité de tartrate argentique est dissous à l'aide de quelques gouttes d'acide nitrique et mis de côté.

Solution n° **2.** — Deux équivalents chimiques de nitrate argentique ammoniacal alliés avec un équivalent chimique d'acide tartrique.

On la prépare en répétant exactement toutes les manipulations ci-dessus indiquées pour la préparation du n° 1, mais en doublant seulement la quantité d'acide tartrique.

Il ne faut préparer ces solutions que pour l'usage d'un jour.

Le verre destiné à l'argenture demande à être parfaitement nettoyé.

A cet effet, on prend un peu de la solution n° 1, dans laquelle on trempe un tampon de coton très propre, que l'on pose ensuite sur du tripoli en poudre très fine, et on l'étend sur le verre, en ayant grand soin de passer sur tous les points de la surface. Dans cet état on laisse sécher. On prend alors un second tampon de coton également propre que l'on roule à sec sur la poudre de tripoli, et l'on en frotte soigneusement toute la surface du verre, en enlevant le tripoli mis à sécher. Cette friction se fait par lignes droites et en avançant lentement en long et en large.

Ensuite, à l'aide d'un blaireau, on époussète, afin d'enlever toute la poussière qui pourrait séjourner.

Alors (pour les surfaces planes seulement), on prend un rouleau de bois ou de fer, recouvert de caoutchouc parfaitement nettoyé, que l'on mouille avec la solution n° 1 ; on en frotte vivement la surface du verre, en faisant un peu tourner le rouleau, et passant et repassant plusieurs fois de suite. On dépose ce verre ainsi nettoyé sur un appareil convenable, chauffé à 65 degrés centigrades environ, et on verse dessus la solution n° 1 jusqu'à ce que tout le verre en soit recouvert. Lorsqu'on s'aperçoit que toute la surface du verre est recouverte d'une couche d'argent (ce qui a lieu au bout d'un quart d'heure environ), on verse la solution n° 2, autant que le verre peut en supporter sans la répandre.

Le verre porte ainsi deux litres et demi de liquide par mètre carré. La solution n° 2 dépose une couche d'argent plus épaisse que la solution n° 1. On laisse tout en cet état environ 15 à 20 minutes, après lesquelles la couche d'argent déposée rend le verre complètement opaque. Il se dépose environ 12 gr. d'argent métallique par mètre carré pendant l'opération ; on enlève alors le verre en ayant soin de recueillir l'excédent en solution, on lave à l'eau chaude, plusieurs fois de suite, la couche d'argent déposée ; on met à sécher, après quoi on peint la couche d'argent, soit avec de la couleur à l'huile, soit avec du vernis ; on obtient ainsi une glace incomparablement plus belle, plus claire et plus solide que celles faites par les procédés ordinaires.

Les verres que leurs formes rendent non susceptibles d'être décapés par le procédé ci-dessus indiqué, le sont en les plongeant dans une forte dissolution d'hyposulfite de soude, et les y lais-

sant de 10 à 12 heures. Après les avoir rincés à grande eau, on les remplit alternativement avec les solutions 1 et 2, comme ci-dessus. On peut éviter de chauffer ces verres, attendu que la solution laisse déposer également bien l'argent à chaud ou à froid. Seulement, dans ce dernier cas, l'action est beaucoup plus lente : le temps est en raison inverse de la température.

Procédé Brossette

Le procédé d'argenture employé actuellement, imaginé par Petitjean, a été perfectionné, en 1856, par *MM. H. Brossette et Cie*.

Le milieu de l'atelier est occupé par une grande table rectangulaire en fonte, à double fond, bien plane, parfaitement horizontale, remplie d'eau que des tuyaux de vapeur élèvent à la température de 30 à 40 degrés centigrades, et recouverte d'une toile vernie par-dessus laquelle est étendue une couverture de coton.

Le matériel de l'atelier comprend en outre un appareil distillatoire destiné à fournir les grandes quantités d'eau distillée dont on a besoin pour le nettoyage des glaces et pour l'argenture elle-même. C'est la vapeur formée dans cet appareil qui, avant de se rendre au condenseur, où elle se convertit en eau distillée, traverse le double fond de la table et en élève la température au degré convenable.

Préparation des glaces. — Elle consiste dans un nettoyage ou décapage minutieux. On comprend aisément, en effet, que la glace doit être parfaitement

polie, propre et dégraissée. Cela est de nécessité absolue.

Ce nettoyage comporte trois manipulations différentes :

Du blanc d'Espagne ayant été délayé dans l'eau distillée, on en prend avec un tampon en peau de chamois, on l'étend sur toute la superficie de la glace et on frotte avec soin ; cela fait, on essuie avec un chiffon en toile fine ou en calicot.

La glace est ensuite saupoudrée avec de la potée d'étain ; on verse dessus quelques gouttes de liqueur argentifère, et avec un tampon en peau de chamois on délaye et on étend le mélange ; on frotte avec un autre tampon de forme à peu près carrée ; on tamponne pour égaliser le mouillage ; enfin on laisse sécher et on essuie le résidu avec une peau de chamois sèche et bien fine.

On place alors la glace sur un râtelier horizontal très plan et à claire-voie ; on mouille à l'eau distillée en ajoutant quelques gouttes de solution ; on frotte avec un morceau de caoutchouc ou avec un rouleau recouvert de cette matière, auquel on imprime par deux ou trois fois un mouvement de va-et-vient ; enfin on jette de l'eau distillée en inclinant la glace dès lors parfaitement décapée.

Préparation des liqueurs. — Deux solutions argentifères sont affectées aux deux dépôts successifs dont l'ensemble constitue un argentage parfait.

La première solution se prépare ainsi : 100 grammes d'azotate d'argent sont traités avec 62 grammes d'ammoniaque pure à 0,870 ou 0,880 de densité, puis avec 500 grammes d'eau distillée; enfin le rinçage du vase dans lequel la préparation a lieu fait

entrer 100 grammes d'eau de plus dans la dissolution; celle-ci étant filtrée, on y ajoute seize fois son volume d'eau distillée, puis, goutte à goutte, en agitant sans cesse, 7 gr. 5 d'acide tartrique dissous préalablement dans 30 grammes d'eau distillée; telle est la solution employée en premier lieu.

La seconde se prépare de même et elle ne diffère de la précédente que par une dose double d'acide tartrique.

Opération. — Sur la table viennent d'être déposées à plat les glaces bien décapées et lavées à l'eau distillée auxquelles on va faire subir l'opération qui remplace l'étamage. Pendant qu'on a pris ces dispositions, des pots de faïence remplis des solutions ci-dessus. préparées à l'avance, ont été apportés du laboratoire et placés à proximité de l'ouvrier.

Le contenu de ces pots est versé sur les glaces, et quoique celles-ci ne soient entourées d'aucun rebord, le liquide ne fuit pas. Versée sans aucune précaution sur la glace, la liqueur argentifère y demeure par le seul fait de l'attraction moléculaire qui l'empêche de franchir les bords de la glace. On répand de ce liquide tout ce que la glace peut en garder sans secours extérieur, ce qui va jusqu'à 2 litres 1/2 donnant par mètre carré une couche de 2 millim. 1/2 d'épaisseur.

Sept à huit minutes après que le liquide a été versé, on observe les premiers effets de la réaction. Des particules d'argent précipitées s'arrêtent et se montrent çà et là, formant de petites îles qui, vues sous un certain angle, s'irisent en raison de leur peu d'épaisseur. Ces taches brillantes se propagent comme des taches d'huile. Les centres de formation

se multiplient, se ramifient, s'envoient réciproquement des prolongements, par lesquels ils se soudent les uns aux autres. Au lieu d'un archipel, c'est maintenant un grand continent profondément découpé, tout parsemé de lacs. De nouveaux dépôts rapidement formés s'amassent au sein de ceux-ci, les envahissent, les comblent. Tous les vides se remplissent, toutes les solutions de continuité s'effacent; en vingt-cinq minutes la glace est complètement argentée.

Alors, sans retirer celle-ci de dessus la table, on l'incline, on la lave au moyen d'une peau de chamois imbibée d'eau distillée, afin d'enlever la poudre qui ne s'est pas déposée et qui s'écoule avec le liquide dans une rigole bordant l'appareil; puis on replace la glace horizontalement; on verse à sa surface la deuxième liqueur, et, douze à quinze minutes après, un second dépôt destiné à compléter et à renforcer le premier s'étant ajouté à ce dernier, l'argenture de la glace est achevée.

La glace une fois argentée est placée en chantier dans l'atelier, dont la température est maintenue entre 25 et 28°.

Observations. — Nous avons dit que la glace à laquelle on applique l'argenture est déposée sur la table métallique à double fond et que les deux solutions qui viennent d'être décrites sont successivement versées à sa surface après un lavage intermédiaire à l'eau tiède et distillée.

Quelques détails compléteront ce qui a trait à cet article.

Si la table est d'une planimétrie parfaite, il n'en est pas toujours de même des glaces : au besoin on

les nivelle à l'aide de petits coins en bois qu'on glisse en des points convenables entre elles et la table.

Si quelques parties de leur surface, graissées par les doigts ou autrement, ne sont pas bien mouillées, on frotte ces places réfractaires avec un petit manchon de caoutchouc qui les nettoie à fond.

L'argenture prive les liqueurs employées d'une moitié de l'argent qu'elles tenaient en dissolution, le reste s'infiltre dans la toile cirée et la couverture de coton sur lesquelles reposent les glaces, ou s'écoule avec les eaux de lavage dans la rigole qui entoure toute la table. Ces eaux recueillies dans un récipient sont précipitées par le sel marin, et le dépôt de chlorure d'argent est traité par les moyens en usage pour en retirer tout le métal.

Quant à l'argent enfoui dans les couvertures, on l'en retire quand celles-ci ont fait leur temps en les incinérant et en traitant leurs cendres.

Quand ces opérations sont conduites avec précision, la perte n'atteint pas un centième de l'argent en dissolution.

Procédé R. Böttger (1)

On met en suspension dans de l'eau distillée du *tartrate d'argent* très finement pulvérisé, puis on ajoute avec précaution une solution très étendue d'*ammoniaque* jusqu'à ce que le tartrate d'argent soit presque complètement dissous.

L'opérateur doit s'assurer qu'il reste encore un petit excès de sel d'argent non dissous et que le liquide n'exhale pas la moindre odeur ammoniacale.

(1) D. Ind. Zeitung (1876).

C'est dans ce bain qu'on immerge l'objet à argenter, après l'avoir préalablement nettoyé avec soin. Déjà au bout de dix minutes on le voit recouvert d'une couche uniforme et miroitante d'argent métallique.

Pour fabriquer des miroirs par ce pr cédé, on suspend la glace, dans un châssis approprié, à la surface du bain d'argent, de manière que la face inférieure du verre soit seule baignée par le liquide. Il suffit de renouveler plusieurs fois cette opération pour renforcer à volonté la couche argentine.

Quant au tartrate d'argent, on l'obtient aisément de la manière suivante :

On prépare deux dissolutions aqueuses contenant l'une 17 grammes de nitrate d'argent, et l'autre 28 grammes de sel de Seignette (tartrate double de potasse et de soude) ; puis après avoir mélangé ces deux solutions salines, on recueille sur un filtre le tartrate d'argent qui s'est précipité. Il suffit de laver ce précipité plusieurs fois à l'eau distillée et de le conserver, au sein de l'eau, à l'abri de la lumière.

Procédé Martin

Parmi les nombreux procédés d'argenture qui ont été appliqués à la construction des miroirs de télescopes, nous décrirons celui de *M. Adolphe Martin*, professeur de physique à Sainte-Barbe. Il repose sur l'emploi du sucre interverti à froid.

Après avoir étudié et expérimenté avec soin tous les procédés connus (aldéhyde, sucre de lait, glucosate de chaux, etc.), *M. Martin* est arrivé, en 1862, à en adopter un qui, par la facilité de la mise en œuvre d'une part, et de l'autre par l'adhérence et la

constitution physique de la couche déposée, paraît remplir les meilleures conditions.

On commence par préparer :

I. Une solution de 10 grammes de *nitrate d'argent* dans 100 grammes d'eau distillée ;

II. Une solution aqueuse d'*ammoniaque* pure marquant 13° à l'aréomètre de Cartier ;

III. Une solution de 20 grammes de *soude caustique* pure dans 500 grammes d'eau distillée ;

IV. Une solution de 25 grammes de *sucre blanc* ordinaire dans 200 grammes d'eau distillée ; on y verse 1 cent. cube d'*acide nitrique* à 36°, on fait bouillir pendant vingt minutes pour produire l'interversion ; et on complète le volume des 500 cent. cubes à l'aide d'*eau distillée* et de 50 cent. cubes d'*alcool* à 36°.

Ces liqueurs obtenues, on procède à la préparation du liquide argentifère :

On verse dans un flacon 12 cent. de la solution I de nitrate d'argent, puis 8 cent. d'ammoniaque à 13° (solution II), enfin 20 cent. de la dissolution de soude III. On complète par 60 cent. d'eau distillée le volume de 100 cent.

Si les proportions ont été bien observées, la liqueur reste limpide, et une goutte de solution de nitrate d'argent doit y produire un précipité permanent ; on laisse reposer, dans tous les cas, pendant vingt-quatre heures, et dès lors la solution peut être employée en toute sécurité.

La surface à argenter sera bien nettoyée avec un tampon de coton imprégné de quelques gouttes d'acide nitrique à 36°, puis elle sera lavée à l'eau distillée, égouttée et posée sur cales à la surface d'un

bain composé de la liqueur argentifère ci-[illegible] in-diquée que l'on aura additionnée de 1 [illegible] à 1 [illegible] de la solution IV de sucre interverti.

Sous l'influence de la lumière diffuse, [illegible] dans lequel baigne la surface à argenter [illegible] jaune, puis brun, et au bout de 2 à 3 [illegible] ar-genture envahira toute la surface du [illegible] après 10 minutes ou un quart d'heure, la [illegible] aura at-teint toute l'épaisseur désirable ; il n'y aura [illegible] laver à l'eau ordinaire d'abord, puis à l'eau [illegible] et on laissera sécher le verre à l'air [illegible] sur sa tranche. La surface sèche offrira un [illegible] par-*fait* recouvert d'un léger voile blanchâtre. [illegible] tion du moindre coup de tampon de peau de [illegible] saupoudré d'une petite quantité de rouge à [illegible] ce dernier voile disparaîtra et laissera à nu *une surface brillante que sa constitution physique rend [illegible]-ment propre aux usages de l'optique auxquels elle est destinée.*

Procédé Wood

La méthode suivie par *M. Wood* pour argenter les miroirs des télescopes astronomiques procure égale-ment des résultats très sûrs et d'excellentes pelli-cules d'argent ; il suffit pour cela d'un peu de soins.

M. Wood prend une solution de *nitrate d'argent*, 1 gramme pour 50 centimètres cubes d'eau, à la-quelle il ajoute de l'*ammoniaque* concentrée jusqu'à ce que le précipité formé se redissolve. Une solution de *potasse* y est alors versée, le poids de la potasse étant exactement égal à celui du nitrate d'argent. Le précipité obtenu est de nouveau dissous dans l'am-moniaque, l'addition d'ammoniaque étant arrêtée

avant que la totalité du précipité soit dissoute, et la solution est filtrée. Au produit filtré on ajoute encore la solution de nitrate d'argent jusqu'à ce que la liqueur prenne la couleur d'un thé faible.

La glace à argenter est placée dans un plat creux peu profond et disposée à environ 13 millimètres au-dessus du fond; on verse alors de l'eau distillée dans le plat jusqu'à ce que son niveau atteigne la face inférieure du verre.

Le verre est enlevé et la solution, préparée d'après le procédé ci-dessus mentionné, est parfaitement mélangée avec l'eau distillée. La teneur de la solution d'argent est calculée à raison de 1,4 gramme de nitrate d'argent pour 100 centimètres cubes d'eau.

Une dissolution de *dextrine*, de la moitié du poids du nitrate d'argent, y est ajoutée et le verre replacé dans le plat. La dextrine réduit lentement l'argent et l'opération complète demande quinze ou vingt minutes.

Le principal facteur du succès consiste à rendre la face du verre à argenter chimiquement propre.

Procédé Lenoir

L'étamage à l'argent présènte plus de solidité et beaucoup moins de dangers que l'étamage au mercure; mais par contre, le pouvoir réflecteur est moindre et les objets blancs sont réfléchis avec une teinte légèrement jaunâtre.

Ce sont ces inconvénients que *M. Lenoir* a cherché à faire disparaître, en 1873, par le procédé suivant :

La glace, argentée par un procédé quelconque, est d'abord lavée, puis arrosée avec une solution étendue de *cyanure de mercure et de potassium* ne marquant

pas plus de 1 à 2 degrés Baumé. On verse cette solution sur le côté argenté de la glace et on lave aussitôt à l'eau distillée. L'argent déplace une partie du mercure et rentre en dissolution ; le reste de l'argent donne naissance à un amalgame plus blanc et beaucoup plus adhérent au verre que l'argent lui-même. Cette transformation est instantanée ; la proportion de mercure fixée, variable d'ailleurs avec la durée du contact de l'argent et de la solution de mercure, ne dépasse pas 5 à 6 pour 100. Le maniement des cyanures, corps très vénéneux, ne présente néanmoins aucun danger quand ils sont en solution très étendue.

La glace amalgamée a perdu la teinte jaune de l'argent pur ; elle donne alors des images beaucoup plus blanches et comparables à celles des anciens miroirs. Elle devient aussi bien moins sensible à l'action du soleil.

Cette argenture n'en doit pas moins, comme celle qu'on fait ordinairement, être protégée contre l'air et les influences extérieures par une peinture épaisse et résistante ; mais les industriels qui emploient ce procédé croient avoir remarqué que l'argenture au mercure est moins impressionnable aux vapeurs sulfurées que celle qui est faite sous addition de cyanure, lorsqu'elles sont l'une et l'autre protégées par les mêmes enduits.

PRÉSERVATION DE L'ARGENTURE DES GLACES

Lorsque le dépôt d'argent formé sur la glace est sec, on le recouvre d'une légère couche de peinture au minium, contenant une huile siccative et un peu d'essence.

La précaution de peindre les tranches de la glace

argentée est bonne à prendre, car la peinture a ainsi moins de tendance à s'écailler sur les bords.

Lorsque la peinture se soulève, elle peut donner passage aux émanations sulfhydriques qui, comme on le sait, noircissent l'argent.

Pour préserver la surface argentée des glaces d'une manière plus efficace, *M. Liebig* a imaginé de la recouvrir d'une couche métallique de cuivre, d'or ou de nickel. C'est au moyen d'une dissolution neutre de tartrate double d'oxyde de cuivre et de soude (potasse ou ammoniaque), ou avec une dissolution alcaline d'or ou de nickel décomposée par la pile, que ce dépôt métallique s'effectue.

Le dépôt de cuivre est obtenu de la manière suivante : un verre, dont l'une des surfaces a été recouverte d'argent par l'une des méthodes ordinaires, est disposé horizontalement ou verticalement dans une boîte de bois recouverte de caoutchouc ou de gutta-percha ; à 15 millimètres environ de distance du verre est fixée une lame de cuivre de même dimension que le verre. La boîte est remplie avec la dissolution de cuivre, et le verre argenté est mis en communication avec le pôle négatif d'une pile, tandis que la plaque de cuivre communique avec le pôle positif. On laisse le verre argenté dix à vingt minutes environ dans la dissolution.

La dissolution du sel de cuivre est préparée de la manière suivante : on fait dissoudre 25 parties de sulfate de cuivre dans 100 parties d'eau, et on ajoute une dissolution faite avec 28 parties de tartrate double de soude et de potasse et autant d'eau ; le cuivre est précipité sous forme de tartrate ; on ajoute ensuite de l'alcali jusqu'à ce que le précipité se redissolve.

Cette dissolution est additionnée de son volume d'eau.

On procède de la même manière pour recouvrir la surface argentée d'une couche d'or, de nickel, etc.

Pour préparer la dissolution d'or, on fait dissoudre une partie de chlorure d'or et de sodium dans 120 parties d'eau, et on ajoute 2 parties de soude caustique.

On prépare la dissolution de nickel en ajoutant un léger excès d'ammoniaque à une dissolution faite avec 40 parties d'eau et 1 partie de sulfate de nickel.

M. Liebig résume ainsi ce procédé :

Pour cuivrer les glaces, on doit se servir du procédé ordinaire galvanoplastique connu de tout le monde, et l'on protège ainsi la couche d'argent par une couche de cuivre métallique précipité par le courant.

La réussite de ce procédé dépend entièrement de l'adhérence de l'argent. Il faut que cette couche d'argent soit assez mince pour permettre d'apercevoir au travers le disque du soleil avec une teinte bleu d'azur.

CONSERVATION DE L'ARGENTURE DES MIROIRS D'OPTIQUE

L'argenture des miroirs des instruments astronomiques ne dure pas. On doit la renouveler une et même deux fois par an à l'Observatoire de Paris. *M. Isarn* est parvenu à lui donner de la solidité en recouvrant l'argent d'une couche mince de gélatine bichromatée, qui est imputrescible. *M. Baillaud* s'est servi de ce procédé à l'Observatoire de Toulouse et l'argenture tient bien sous sa couche protectrice.

III. PLATINAGE DES GLACES

Procédé Dodé

Vers 1869, à l'époque où le procédé d'étamage au mercure n'était pas encore entièrement supplanté par l'argenture, un chimiste, *M. Dodé*, parvint à obtenir des miroirs dont la surface réfléchissante était formée par une mince couche de platine.

On sait que le chlorure de platine rend depuis longtemps des services importants dans l'industrie. Les fabricants de porcelaines en recouvrent les vases auxquels ils veulent donner un lustre métallique, intermédiaire entre le blanc d'argent et le gris d'acier.

Pour cet effet, on mêle la dissolution concentrée de chlorure de platine avec de l'essence de lavande et on applique la liqueur sur le vernis de la poterie qu'il s'agit de lustrer, puis on passe la pièce au feu. Le platine paraît bientôt avec son éclat métallique, il est étendu également sur toute la pièce dont il cache la couleur et il a pris un poli aussi vif, aussi éclatant que s'il l'eût reçu du brunissoir.

C'est un chimiste prussien, nommé Klaproth, qui, dès 1793, faisait connaître ce procédé pour orner la porcelaine. Jusqu'en 1869 on n'avait fait usage du platine que pour la décoration des poteries et des cristaux ; mais c'est la première fois que surgit l'idée de revêtir le verre pour en faire un miroir à réflexion directe ou non directe.

M. Dodé s'est arrêté de préférence à ce métal parce qu'il est inattaquable par les agents qui altèrent facilement tous les autres métaux.

Dans le principe, M. Dodé platinait la glace sur la

face postérieure : à cet effet, il dissolvait le platine dans un mélange de parties égales d'acide azotique et d'acide chlorhydrique ; la dissolution évaporée à siccité était reprise par l'acide acétique étendu d'eau ; dans cette dissolution, il versait une certaine quantité d'alcool amylique ; cette substance, en s'emparant du platine, le débarrassait de sa partie aqueuse ; on lavait ensuite la liqueur platinifère, et cette composition était appliquée en couche très mince derrière la glace préparée comme à l'ordinaire ; après quelque temps de repos on exposait la glace dans un séchoir à une température assez élevée pour faire disparaître toutes les traces d'alcool amylique. Cette opération terminée, la glace retirée du séchoir possède un brillant parfait ; malheureusement la couche de platine n'avait pas plus d'adhérence que le mercure dans le procédé d'étamage et il fallait passer sur la glace une couche de vernis pour éviter les accidents qu'occasionne le frottement.

Assurément, ce procédé était déjà préférable à l'étamage ordinaire, puisqu'il supprimait complètement le métal homicide et de plus contribuait à diminuer la consommation du mercure, qui est déjà employé dans plusieurs industries et dont le prix paraît s'élever par suite de l'épuisement des gîtes métallifères. Mais il fallait satisfaire aux conditions qu'exige l'emploi de mercure : la glace devait être incolore et exempte de tout défaut, et alors, il n'y avait qu'une faible différence de prix entre les glaces étamées et les glaces platinées.

Un perfectionnement était nécessaire, l'inventeur le chercha et le trouva : non-seulement il voulut supprimer le mercure, mais encore cacher les défauts

des glaces coulées et supprimer une partie du travail de dressage et de doucissage, de savonnage et de polissage. Il suffisait pour cela de faire adhérer le platine sur la glace et d'appliquer le métal non plus à la surface postérieure mais bien en avant de la glace.

Le verre est préparé par les méthodes ordinaires ; il est savonné, poli et nettoyé.

Après le nettoyage, le verre est porté dans l'atelier de platinage ; la composition qui donne la métallisation s'étend à l'aide d'un pinceau. La glace posée verticalement reçoit le liquide sous une minceur convenable ; on l'étend d'abord de bas en haut, puis de gauche à droite, puis de bas en haut et enfin de droite à gauche ; on égalise ainsi la couche huileuse qui, contenant une forte quantité d'essence de lavande, s'étend spontanément et sèche lentement sans coulure aucune. L'ouvrier doit principalement éviter toute poussière et toute humidité : l'humidité ferait gripper et gercer ; la poussière détruirait la régularité du travail. On sait que chaque grain de poussière attire concentriquement le liquide et dénude les parties environnantes.

La composition platinifère n'exige pour être parfaite que de la propreté de la part du préparateur.

On prend 100 grammes de *platine* laminé très mince, on l'essuie et le lave pour éloigner la graisse que le laminage a fournie. On le fait dissoudre dans une *eau régale* formée de 400 grammes d'acide nitrique pour 1,000 grammes d'acide chlorhydrique pur. On chauffe au bain de sable, on évapore à sec, en évitant de décomposer, le *chlorure* que l'on pile dans un matras de porcelaine ou de verre ; on l'étale ensuite sur une glace à broyer, et on y verse par pe-

tites portions de l'*essence de lavande* rectifiée. La réaction se fait sur la glace même ; aussi faut-il éviter par une trop rapide affusion d'essence une trop grande élévation de température qui détruirait le composé platinifère. Lorsque de la sorte on a versé environ 1,400 grammes d'essence de lavande, on relève le mélange, on le place dans une capsule de porcelaine pour l'abandonner pendant huit jours à un repos absolu. On décante et on filtre ; on décante de nouveau après six jours le liquide filtré qui doit marquer 5 degrés au pèse-acide.

Comme fondant pour la quantité de platine indiquée ci-dessus, on prend 25 grammes de *litharge*, 25 grammes de *borate de plomb* que l'on broie jusqu'à porphyrisation complète avec 8 ou 10 grammes d'*essence de lavande*. On remue et mélange ce fondant avec le liquide platinifère ; on procède à l'emploi comme il vient d'être dit et en évitant toujours les poussières et l'humidité.

Lorsque le verre qu'il s'agit de platiner est couvert d'une couche de métal et qu'il est suffisamment sec, on le place dans des moufles : elles se composent d'une carcasse formée de plaques de fonte à rainures s'emboîtant les unes dans les autres. Le foyer est à l'arrière du four, ce qui dégage complètement la porte de chargement placée à l'avant. Des châssis mobiles se rangent dans la carcasse en fonte, et reçoivent les verres à cuire maintenus parallèlement et dans une position verticale. Des crémaillères, convenablement disposées, donnent place à un nombre considérable de glaces ; enfin, des tablettes mobiles s'adaptent à volonté dans les châssis pour recevoir des verres de dimensions plus ou moins petites.

Le four présente en section verticale, dans le sens de sa largeur, un parallélogramme allongé et dans le sens de sa longueur un carré presque parfait. La cuisson est régulière; les accidents de feu sont réglés au moyen de registres ou de portes en tôle réservées dans la face antérieure et la face postérieure. Plusieurs moufles sont accolées et placées sous la même hotte.

L'emploi du platine permet la transformation en glaces et en miroirs de toute espèce de verre. La matière vitreuse, polie et dressée sur une seule de ses faces, transmet des images nettes et précises par la réflexion du métal lui-même ; il est donc inutile de rechercher des verres exempts des défauts qui font mettre au rebut la grande partie des verres à glaces et des verres à vitres simples ou doubles, que l'on réserve pour la mise au tain ou pour l'argenture. On n'a pas à s'inquiéter de la pureté de nuances, du parallélisme des deux faces, de la présence des bulles, stries, filandres, fiel de verre, fragments de pots, etc. On se borne à doucir et à polir la surface d'un seul côté ; il en résulte une économie de 50 pour 100 sur la main-d'œuvre et une économie de 25 pour 100 sur l'épaisseur du verre. Il suffit même d'employer des verres mis au rebut, qui se vendent généralement pour la fabrication de dalles, etc. Le verre à bouteilles lui-même peut recevoir la préparation platinifère.

Le platinage est doué d'une grande solidité, car le métal fait corps avec le verre, qui a servi de fondant.

Un caractère tout particulier aux miroirs métallisés réside dans le fait suivant :

Les verres platinés, qui forment des miroirs quand on les regarde de face, sont transparents quand la

lumière vient les traverser. Placés comme ornements, ils donnent à une personne cachée dans une arrière-boutique obscure la faculté de tout voir et de tout observer sans être vue. On les emploie de même pour garnir les fenêtres des rez-de-chaussée, en mettant le côté platiné à l'intérieur. On est ainsi garanti des regards des passants, tout en se conservant la possibilité de voir les objets extérieurs. Du dehors, en effet, par suite de l'obscurité relative de l'intérieur on ne voit que sa propre image réfléchie.

Malgré ces avantages les glaces platinées ne sont pas en faveur dans le commerce à cause de leur aspect inférieur à celui des glaces étamées ou argentées. Le platinage communique une teinte sombre aux images réfléchies.

De plus, comme il est nécessaire de chauffer les glaces au rouge, il est presque impraticable de fabriquer par ce procédé des glaces de grandes dimensions ; il se produit en effet des déformations inévitables pendant le passage au moufle et il est fort difficile de dépasser les dimensions de 1 m. 20 sur 0,66.

On a fabriqué avec le verre platiné des réflecteurs pour foyers électriques. En raison de son inaltérabilité sous l'action de la chaleur, le platinage présente dans cette application un immense avantage sur les procédés d'argenture.

On a encore trouvé une application intéressante en utilisant les glaces platinées pour la construction de rhéostats, ou résistances électriques, pour courants de faible intensité.

Procédé Ladersdorff

Antérieurement aux travaux de M. Dodé, *M. Ladersdorff* avait déjà expérimenté, en 1810, le procédé de platinage suivant :

On prépare les deux solutions suivantes :

Solution A :

Essence de lavande.	15 parties
Chlorure de platine.	3 —

Mélanger dans un mortier et conserver dans un flacon bouché à l'émeri.

Solution B :

Essence de lavande.	15 parties
Chlorure de platine.	4 —
Sous-nitrate de bismuth en poudre impalpable	2 —

Mélanger et conserver comme la solution A.

On prend la glace bien nettoyée et l'on enduit sa surface à l'aide d'un pinceau, bien également, avec la solution A. On passe la glace au moufle ou sur la pierre d'un four à étendre. Lorsque le verre a été suffisamment ramolli pour que le platine y adhère, on laisse refroidir. On applique ensuite une couche de la solution B par-dessus la première et on repasse au feu.

Quand les objets qui ont reçu le lustre sont refroidis, on les frotte avec un chiffon de coton chargé de craie, lavée et humide ; leur éclat est ainsi beaucoup relevé, et d'ailleurs le frottement enlève les dernières traces d'essence ou les cendres qui sont restées à la surface par la combustion de cette matière.

Procédé R. Böttger

Pour réussir à appliquer par ce procédé un enduit de platine parfaitement irréprochable et d'un éclat argenté sur porcelaine et sur verre, il faut de toute nécessité se servir d'un perchlorure de platine aussi exempt d'acide qu'il est possible et complètement sec. A cet effet, on agite dans un petit mortier en porcelaine le perchlorure de platine sec avec l'essence de romarin (*oleum anthos*), on pétrit avec un pilon, en renouvelant l'huile à plusieurs reprises (trois fois environ), jusqu'à ce qu'on ait obtenu avec le perchlorure rouge brunâtre une masse plastique ayant l'aspect de la poix noire dans laquelle on ne doit plus apercevoir de particules de chlorure de platine non décomposées.

L'essence de romarin se colore, par l'absorption d'une partie du chlore du perchlorure à la suite du pétrissage, en jaune plus ou moins intense. Lorsqu'enfin on atteint le moment où tout le chlorure de platine s'est transformé en cette masse plastique noirâtre, on broye, à l'aide d'un pilon et après avoir enlevé l'essence de romarin, avec environ cinq fois le poids d'essence de lavande, jusqu'à ce qu'on ait obtenu un liquide parfaitement homogène et bien fluide. On abandonne alors au repos pendant environ une demi-heure, puis au bout de ce temps la masse peut être employée avantageusement au platinage.

Pour produire le lustre platine, il suffit maintenant d'appliquer cette masse avec un pinceau très fin et doux en une couche parfaitement uniforme et aussi mince qu'il est possible sur les objets en porcelaine,

en grès ou en verre qu'on veut décorer. En effet, plus est mince la couche de cette masse qu'on applique sur les pièces, plus l'enduit de platine sera brillant par la suite. Lorsqu'enfin les pièces ont été chargées comme il convient d'une couche bien légère de cette masse, on n'a plus autre chose à faire qu'à les exposer pendant quelques minutes soit dans un moufle, soit, avec précaution, à la flamme d'un chalumeau à gaz, à une chaleur rouge très faible et à peine sensible. Les pièces sortent du feu sans avoir besoin d'une autre opération (pourvu toutefois qu'on n'ait pas dépassé la température indiquée), revêtues d'un lustre d'une beauté incomparable et d'un éclat argenté.

Si, par une circonstance fortuite, l'enduit de platine n'a réussi qu'imparfaitement sur les pièces, ou si après avoir chauffé il se présente mal venu, on peut recouvrer avec facilité jusqu'aux moindres traces de platine sur les pièces défectueuses, et cela sans avoir recours à l'eau régale, par le procédé galvanique bien simple que voici : Il suffit en effet de les couvrir d'acide chlorhydrique puis de les toucher avec une petite baguette de zinc. On voit presque instantanément, à raison de l'enduit de platine qui remplit tant à la surface supérieure qu'à celle inférieure le rôle de cathode, se former un dégagement de gaz hydrogène et la couche métallique brillante se détacher de dessus la porcelaine ou le verre, en paillettes d'une finesse extrême qui malgré le poids spécifique du platine métallique viennent flotter à la surface de l'acide. Séparant ensuite l'acide par le filtre, on recueille tout le platine qui autrement aurait été perdu et sans qu'on ait à craindre le moindre déchet en métal.

Enfin on fera remarquer qu'on ne doit [illegible] les cas, préparer la liqueur à platiner [illegible] nécessaire pour un seul jour, parce qu'elle [illegible] propriétés quand on la conserve.

La combinaison réellement active dans [illegible] qui résulte du traitement du perchlorure de [illegible] par l'essence de lavande est, d'après [illegible] tions, un sel organique de platine [illegible] qu'on peut en effet obtenir en petits [illegible] driques allongés, légèrement colorés en [illegible] on agite, avec précaution, une quantité [illegible] du liquide dans l'alcool. Ces cristaux [illegible] quand on en approche une bougie [illegible] flammer et de brûler avec une flamme [illegible] rante en laissant du platine d'un [illegible] l'état compact (1).

IV. DORURE

Les procédés de dorure sont [illegible] peut les classer en trois groupes : [illegible] *feuille* qui s'exécute pour le verre [illegible] autre matière, en déposant l'or en [illegible] mixtion préalablement couchée sur le verre, et [illegible] en séchant, détermine l'adhérence. Puis la dorure par des *procédés chimiques* déterminant une adhérence beaucoup plus énergique, grâce à laquelle on n'a plus à craindre de voir se détacher l'or, soit par le frottement ou l'action de l'humidité. Ceux-ci se subdivisent à leur tour, suivant que l'on est obligé de cuire ou non. Cette dernière classe offre l'avantage de dispenser du brunissage qui, sur des surfaces en creux, est souvent impossible à pratiquer. Nous don-

(1) *Polytechnisches Notizblatt*, 1869, n° 10, p. 145.

nerons, parmi tous ces procédés, les plus intéressants.

En Bohême, on opère par un procédé en tous points analogue à celui de la peinture et qui permet, par suite, d'obtenir par le pinceau des dessins en or aussi fins et déliés que s'il s'agissait de toute autre couleur. On dissout de l'or fin dans l'eau régale, et on le précipite ensuite de sa dissolution par le sulfate de protoxyde de fer. Le précipité fourni est recueilli sur le filtre, bien lavé, desséché, mêlé avec un peu de borax calciné et pulvérisé fin. On forme ensuite avec ce mélange et de l'essence de térébenthine une bouillie épaisse, qu'on applique au pinceau sur le verre. Celui-ci est ensuite porté à un feu de moufle assez élevé pour vitrifier le borax. Il ne reste plus qu'à brunir l'or ainsi fixé, par les procédés ordinaires.

Pour l'argenture, on prépare les poudres d'argent en précipitant l'azotate d'argent par un barreau de cuivre. Pour le platinage on emploie le chlorure double de platine et d'ammoniaque bien lavé.

La dorure éclatante et durable ne prend bien sur verre que par le moyen de la chaleur. Les dorures à froid présentent, il est vrai, une belle apparence, mais s'enlèvent quand on lave les pièces.

Pour préparer la liqueur convenable, on ajoute à 1,000 parties d'or dissous dans l'eau régale, 292 parties de chlorure de sodium. On évapore à siccité et on laisse la chaleur agir jusqu'à ce que tout l'acide libre soit chassé, c'est-à-dire jusqu'à ce qu'on n'en sente plus l'odeur. On fait dissoudre le résidu dans assez d'eau pour que le liquide contienne exactement 1 gramme d'or par litre. Cette première solution sert

à en préparer deux autres. Pour la première, on mêle à 50 centimètres cubes de la solution d'or, 20 centimètres cubes d'une solution de soude de 1,035 de densité et 300 centimètres cubes d'eau, on porte le tout à l'ébullition et on laisse réduire ainsi à 250 centimètres cubes.

Pour la deuxième solution, on prend les mêmes quantités de solution d'or et de solution de soude ; on y ajoute 230 centimètres cubes d'eau et l'on place le mélange pendant une demi-heure au bain-marie bouillant. On mêle ensuite les deux liquides.

Lorsqu'on veut dorer l'intérieur d'un vase de verre, on y verse la dixième partie de son volume d'un mélange de deux parties d'alcool et une d'éther, on le remplit entièrement de la solution d'or encore chaude et on le place dans de l'eau dont la température ne doit pas dépasser 80° C.

Au bout de 10 ou 15 minutes, le verre se couvre d'une pellicule brillante d'or; aussitôt que les parois observées par transparence ne laissent plus pénétrer la lumière ou paraissent d'un vert très foncé, on retire le bain du vase.

Pour distinguer une dorure fine d'avec une inférieure, on pose dessus une goutte de solution de chlorure de cuivre.

Si l'or est pur, il ne manifeste aucun changement, s'il est allié, on le verra noircir.

Procédé C. William

On dissout l'or dans l'eau régale et on le précipite par l'ammoniaque liquide. On lave avec soin, on filtre la dissolution et l'on obtient un résidu métallique jaune et volumineux qui, pour le but proposé, a

besoin d'être conservé à l'état humide jusqu'au moment où l'on doit préparer la composition pour la dorure.

Quand on veut s'en servir pour cet objet, on mélange ce résidu avec un composé adhésif formé de 2 parties de la plus belle poix de Bourgogne, 2 parties de vernis des peintres, et lorsque la masse a été mélangée, incorporée et est parfaitement sèche, elle a perdu sa propriété explosive et peut être travaillée en toute sûreté. Ce composé, mélangé au borate de bismuth, produit une dorure d'une grande solidité, mais qui a besoin d'être légèrement brunie.

Procédé Böttger

M. le professeur Böttger a proposé le procédé suivant de dorure sur verre.

On emploie pour cela trois solutions préparées à l'avance, se conservant longtemps et qu'il suffit de mêler dans des proportions définies avant d'opérer :

1° Solution de chlorure d'or dans de l'eau contenant 1 gramme d'or dans 120 centimètres cubes. Cette solution se prépare en dissolvant l'or dans l'eau régale, et évaporant l'excès d'acide. Il peut rester un peu d'acide libre, il faut seulement que l'or soit rigoureusement pur.

2° Solution de soude à la densité de 1,06. On peut employer la soude ordinaire du commerce.

3° Solution réductrice. On mêle 50 grammes d'acide sulfurique à 66°, avec 40 d'alcool et 35 d'eau. On ajoute 50 grammes de peroxyde de manganèse, réduit en poudre fine, on fait distiller au bain de sable à douce chaleur, en recevant les vapeurs dans

50 grammes d'eau froide, et opérant jusqu'à ce que ce volume ait doublé. On décompose cette liqueur avec 100 centimètres cubes d'alcool et 10 grammes de sucre de canne interverti par l'acide azotique ; on porte le mélange par addition d'eau à 500 centimètres cubes. Le sucre interverti se prépare en faisant fondre 100 grammes de sucre ordinaire de canne dans 70 centimètres cubes d'eau, ajoutant 5 grammes d'acide azotique à 1,34 de densité, et en faisant bouillir le tout pendant un quart d'heure.

Pour dorer une pièce, on prend 1 volume de la solution de soude, 4 de la solution d'or, et 1/35 ou 1/40 au plus de la liqueur réductrice. Le mélange prend promptement une couleur verte due à l'or qui se sépare ; on le met aussitôt en contact avec le verre. A la chaleur moyenne de 18° C., en une heure et demie, on obtient une couche transparente d'une magnifique couleur verte, qui devient presque opaque si on fait durer l'opération 3 heures. On lave et sèche à la température ordinaire.

Ce procédé, imaginé en vue de la préparation des miroirs pour les instruments d'optique, a reçu certaines simplifications. La solution d'or ne change pas, celle de soude est formée par 6 grammes de soude caustique dans 100 centimètres cubes d'eau. La solution réductrice se prépare en mêlant 2 grammes de sucre ordinaire d'amidon, 24 centimètres cubes d'eau, 24 centimètres cubes d'alcool à 80 centièmes, et 24 d'aldéhyde du commerce à 0,870 de densité. Seulement alors que la première peut se conserver plusieurs mois en vases clos, il ne faut pas préparer celle-ci plus de un ou deux jours à l'avance.

Pour dorer un vase on y verse, de manière à le

remplir à moitié, 4 volumes de la solution d'or, 1 de celle de soude, 1/16 de la solution réductrice. On met toutes ses parois en contact avec le mélange et l'opération est achevée en cinq minutes. L'excès d'or qui se précipite peut être recueilli sur un filtre et utilisé de nouveau. En répétant cette opération plusieurs fois, on augmente à volonté l'épaisseur de la couche d'or déposée.

Procédé Schwarzenbach

Le procédé employé par *M. Schwarzenbach*, de Berne, consiste à dissoudre du *chlorure d'or* pur dans l'eau distillée bouillante. Cette liqueur (A) est rendue normale, de telle sorte que 1 litre de solution contienne 0 gr. 300 d'or métallique ; on la rend alcaline par l'addition de *carbonate de soude*.

On prépare une deuxième liqueur (B), avec une dissolution saturée d'hydrogène protocarboné (*éthylène*) dans l'alcool ; on étend cette liqueur de son volume d'eau ; puis une troisième liqueur (C) formée de 25 centimètres cubes de la liqueur (B) et de 200 centimètres cubes de la liqueur (A).

Cette liqueur (C) est versée entre la glace à dorer et une feuille de verre placée à 3 millimètres au-dessous de la première. Après 2 ou 3 heures de contact, la dorure est terminée. Il ne reste plus qu'à laver et sécher la glace.

Procédé E. Hansen (1)

Ce procédé est applicable aussi bien à la dorure qu'à l'argenture et au platinage du verre.

On dissout du soufre dans de l'essence de lavande

(1) *Polytechnisches Notizblatt*, t. XXXI, p. 287.

jusqu'à consistance semi-fluide, on y mélange une solution éthérée de chlorure d'or ou de chlorure de platine et l'on concentre de nouveau à une douce chaleur. La composition ainsi obtenue est appliquée au pinceau sur les surfaces à metalliser, après quoi on porte les objets dans un moufle et on les chauffe avec précaution jusqu'à ce que le soufre et les matières volatiles aient été éliminés. Il se forme ainsi un dépôt d'or ou de platine qu'on peut alors recouvrir d'une couche uniforme d'argent, d'or ou de platine par voie galvanique.

Procédé Petit-Jean

De même que pour l'argenture (1) le verre demande pour la dorure et le platinage à être soigneusement nettoyé. Les procédés de décapage sont les mêmes que pour l'argenture.

Naturellement, les solutions d'or ou de platine sont substituées à la solution d'argent. On emploie également l'hyposulfite de soude : les solutions d'or et de platine sont préparées ainsi qu'il suit :

Solution aurique. — Deux équivalents chimiques de perchlorure d'or alliés avec un équivalent chimique de citrate d'ammoniaque.

On dissout dans un litre et demi d'eau, 30 grammes chlorure aurique, et on filtre cette dissolution. On fait un mélange, à part, de 19 grammes d'acide citrique préalablement dissous dans quatre ou cinq fois leur poids d'eau distillée et de 10 grammes d'ammoniaque liquide.

On met ce mélange reposer une ou deux heures pour le faire refroidir, puis on verse dans la dissolu-

(1) Voir page 61 : Procédé Petit-Jean pour l'argenture.

tion le chlorure aurique. La solution est prête ainsi à être employée. Il ne faut la préparer qu'au fur et à mesure des besoins.

Solution de platine. — Un équivalent chimique de perchlorure de platine allié avec un équivalent chimique de bitartrate de soude.

On dissout dans un litre et demi d'eau distillée 30 grammes de chlorure platinique, et on filtre cette dissolution.

On y verse ensuite 25 grammes de bitartrate de soude préalablement dissous dans huit ou neuf fois leur poids d'eau distillée.

Dans cet état, la solution de platine est prête pour l'usage. Il faut, pour la dorure et la platinure, suivre la même marche que celle indiquée pour l'argenture.

V. CUIVRAGE DU VERRE

Un procédé dû à *M. Tausen* permet de recouvrir le verre et la porcelaine de dépôts métalliques, par voie galvanique.

Il faut d'abord recouvrir le verre ou la porcelaine d'une couche conductrice du courant électrique, et c'est là la principale difficulté, car cette couche, placée entre le support et la couverte métallique, ne pourra plus être enlevée, sa composition doit donc être telle qu'elle n'empêche pas l'adhérence de la couche métallique.

On se sert, dans ce but, d'une dissolution de chlorure d'or ou de platine dans de l'éther sulfurique, additionnée d'une quantité suffisante de soufre dissous dans une huile lourde, pour que le tout, après avoir été chauffé doucement, ait une consistance

qui permette d'en passer une couche avec un pinceau.

On chauffe alors modérément dans un moufle la pièce recouverte de cette couche jusqu'à la volatilisation complète du soufre et du chlore. L'or ou le platine sont alors adhérents à la surface, et on peut placer l'objet dans un bain galvanoplastique ordinaire.

Pour obtenir un dépôt de cuivre, ce bain doit être composé de 2 parties de sulfate de cuivre pour 3 parties d'eau distillée. Pour l'argenture, il faut 17 parties de nitrate d'argent et 13 parties de cyanure de potassium dissous dans 300 parties d'eau. Enfin, pour la dorure, on se sert de 7 parties d'or, qui sont préalablement dissoutes dans l'eau régale, puis précipitées au moyen de l'ammoniaque. Le précipité encore humide est mis dans une solution chaude de 9 parties de cyanure de potassium et 90 parties d'eau. Un mélange de 10 parties de dissolution d'or avec 1 partie de dissolution d'argent donne de l'or vert, tandis que la même proportion d'or mélangé également avec 1 partie de dissolution de cuivre, donne l'or rouge.

Voici un autre procédé donné par la *Revue industrielle* :

On recouvre les parties du verre que l'on veut cuivrer d'une couche de solution de gutta-percha dans l'essence de térébenthine ou de pétrole, au moyen d'un pinceau. Après séchage, on frotte avec de la plombagine, et on porte au bain galvanique de sulfate de cuivre.

CHAPITRE XXIII

VERRES COLORÉS

Sommaire. — I. Oxydes colorants. — II. Verres rouges au cuivre. — III. Verres rouges à l'or. — IV. Verres jaunes. — V. Verres bleus. — VI. Verres verts. — VII. Verres violets. — VIII. Verres noirs. — IX. Recherches sur les modifications dans la coloration du verre par les oxydes métalliques, par M. G. Bontemps.

I. OXYDES COLORANTS

Les verres et les cristaux sont colorés au moyen d'oxydes métalliques que l'on ajoute aux matières vitrifiables dans le creuset de fusion. L'oxyde passe-t-il à l'état de silicate, reste-t-il oxyde ou est-il réduit à l'état de métal? les avis sont partagés. Au sujet du verre rouge coloré par le cuivre, par exemple, *Schubarth* et *Rose* pensent que le métal s'y trouve à l'état d'oxydule, *Pettenkofer* et *Hautefeuille* estiment qu'il est dissous à l'état de silicate ; enfin, d'après *Wöhler*, *Frémy*, et *Knapp*, il y serait à l'état métallique. Quoi qu'il en soit, il suffit d'une faible dose de ces oxydes, un ou deux centièmes, pour colorer toute la masse de verre d'un creuset, avec une telle intensité que le verre paraîtrait souvent noir s'il présentait une certaine épaisseur. On a tourné cette difficulté par l'emploi des verres *doublés* ou *plaqués*, c'est-à-dire des feuilles de verre blanc recouvert d'une couche mince de verre coloré. En appliquant sur le verre blanc plusieurs couches très minces de

verres différemment colorés, on est arrivé à obtenir des verres *triples* et *quadruples*, dont les graveurs tirent de jolis effets en enlevant par endroits une ou deux couches.

Les principales matières colorantes employées par le verrier, sont :

Le bioxyde de manganèse, donnant le violet ;

L'oxyde de cobalt, donnant le bleu saphir ;

Le bioxyde de cuivre, donnant le bleu céleste ;

L'oxyde de fer et le protoxyde de cuivre, donnant le vert-bouteille ;

L'oxyde de chrome, donnant le vert-émeraude ;

L'oxyde d'urane, donnant le jaune à reflets verdâtres ;

Le soufre et le charbon, donnant le jaune serin ;

Le verre d'antimoine, donnant le jaune commun ;

Le chlorure d'argent, donnant le jaune orange ;

L'oxyde de cuivre et les sels d'or, donnant le rouge et le rose.

Le degré d'oxydation de ces substances, la nature du verre, la température et la durée de la fusion sont autant de facteurs susceptibles de modifier la teinte des verres colorés.

La coloration donnée par un oxyde métallique est d'autant plus intense que le verre dans lequel on l'introduit est plus basique, c'est l'inverse s'il est acide.

Les tableaux suivants permettent de se rendre compte de l'influence de la nature du verre :

Verres à base de soude

MATIÈRE COLORANTE	COLORATION
Antimoniate de plomb......	Blanc opaque.
Argent (oxyde d').........	Jaune serin et jaune orangé.
Chrome (oxyde de)........	Vert jaune herbe.
Cobalt (oxyde de).........	Bleu violacé terne.
Cuivre (protoxyde de)......	Rouge pourpre jaunâtre.
— (bioxyde de)........	Bleu céleste tournant au vert.
Fer (protoxyde de)........	Vert bleu.
— (peroxyde de).........	Vert bouteille.
Manganèse (peroxyde de)..	Violet rougeâtre sombre.
Nickel (oxyde de)..........	Violet jaunâtre sombre.
Or (oxyde d').............	(Or précipité) marron et bleu
Soufre et carbone.........	Jaune serin.
Urane (oxyde d').........	Jaune vert peu dichroïde.

Verres à base de potasse

MATIÈRE COLORANTE	COLORATION
Antimoniate de plomb.....	Blanc opaque (devient transparent à une température élevée).
Argent (oxyde d').........	Jaune serin et jaune orangé (dichroïde si le verre est désoxydant).
Chrome (oxyde de)........	Vert jaune brillant.
Cobalt (oxyde de).........	Bleu un peu vert, brillant.
Cuivre (protoxyde de).....	Rouge pourpre jaune.
— (bioxyde de).......	Bleu céleste très brillant.
Fer (protoxyde de)........	Vert bleu, presque bleu.
— (peroxyde de).........	Vert bouteille jaune.
Manganèse (peroxyde de)..	Violet améthyste brillant.
Nickel (oxyde de)..........	Violet améthyste sombre.
Or (oxyde d').............	Rouge et rose.
Soufre et carbone.........	Jaune d'or.
Urane (oxyde d').........	Jaune serin très dichroïde.

Verres à base de plomb

MATIÈRE COLORANTE	COLORATION
Antimoniate de plomb	Orangé opaque ; avec addition de fer est plus foncé.
Chrome (oxyde de)	Jaune rougeâtre.
Cobalt (oxyde de)	Bleu.
Cuivre (protoxyde de)......	Rouge pourpre sang.
— (bioxyde de)........	Vert.
Fer (protoxyde de)	Jaune vert sombre.
Manganèse (peroxyde de)..	Violet rougeâtre.
Nickel (oxyde de)	Violet bleuté.
Or (oxyde d')	Rouge et rose.
Soufre et carbone	Noir (hyalithe).
Urane (oxyde d')	Jaune topaze très peu dichroïde.

II. VERRES ROUGES AU CUIVRE

Si l'on recouvre une lame de verre d'un enduit de bioxyde de cuivre additionné d'une matière adhésive convenable, et si l'on chauffe au rouge, le verre absorbe du cuivre, mais il reste incolore ; si on calcine ensuite ce verre dans un milieu réducteur, hydrogène, oxyde de carbone, etc., on lui voit prendre une coloration rouge.

Le verre coloré par fusion est plus beau que le précédent. En fondant du verre avec 1 à 3 pour 100 de protoxyde de cuivre et 5 pour 100 de battitures de fer (ou 2 pour 100 d'étain), on obtient un verre qui, refroidi brusquement, présente une légère coloration verdâtre, mais qui acquiert subitement une belle couleur rouge foncé, rubis, lorsqu'on le chauffe à une température voisine du point de ramollissement, dans une atmosphère réductrice.

La proportion de cuivre métallique absorbée par le verre rubis varie entre 0,42 et 0,66 pour 100 ; elle pourrait atteindre 0,75 pour 100, mais le verre deviendrait opaque.

L'addition d'une petite quantité d'oxyde ferreux donne une teinte rouge écarlate.

La composition vitrifiable comprend ordinairement, outre les éléments du verre blanc et de l'oxyde de cuivre, quelques substances destinées à maintenir le cuivre à son point d'oxydation le plus faible, telles que l'acide stannique, la limaille de fer, le tartrate de potasse, la suie.

Voici deux formules qui ont fourni de bons résultats :

I.	Sable	100
	Carbonate de soude sec.	75
	Chaux.	20
	Oxydes de fer et de cuivre (1). . .	10
	Acide stannique.	10

Quand ce verre est fondu, coulé, on le pile en fragments d'un centimètre environ et à 100 parties de ce verre, on ajoute :

Sable	80
Carbonate de soude	30
Chaux.	14

A 100 parties de ce nouveau verre fondu, coulé, pilé à la même grosseur que le précédent, on ajoute 35 parties de sable ; on fond de nouveau :

(1) Pour obtenir ce mélange d'oxydes, on calcine graduellement et jusqu'au rouge parties égales de battitures de cuivre et de sulfate de fer. Le mélange d'oxydes ainsi obtenu est noir, assez fin.

II.	Sable	100
	Minium	200
	Oxyde de cuivre	4,8
	Acide stannique	12

Ce verre étant fondu, maclé, coulé, broyé, est enfourné et fondu de nouveau, cela trois fois de suite après des temps de fusion variant de deux à trois heures et des maclages espacés et répétés. Au second maclage et coulage, ce verre est jaune clair, au troisième, il est d'un jaune orangé avec quelques parties d'un jaune transparent. Après ce troisième coulage, on le mélange avec 25 parties de verre blanc formé de :

Sable	100
Carbonate de potasse	36
Chaux	18
Minium	3

Ces 25 parties de groisil blanc sont fondues avec le verre rouge coloré et broyé décrit ci-dessus, on fond de nouveau en ajoutant seulement 30 à 40 grammes de tartre ou de copeaux d'étain et on obtient un beau rouge. Ce verre est généralement employé pour doubler le cristal et la gobeleterie (*Bontemps*).

III. VERRES ROUGES A L'OR

On obtient un verre d'une brillante couleur rouge en faisant usage de l'or. Ce verre, suivant les circonstances, peut prendre une couleur pourpre écarlate, carmin, rose ou rubis.

Au commencement du XVII[e] siècle, *Néri* en connaissait déjà la préparation. On croyait à cette époque qu'il était nécessaire d'employer l'or sous forme

de *pourpre de Cassius* ; les recherches de *Fusz* ont montré que le chlorure d'or pouvait donner un verre rubis tout aussi beau.

La proportion d'or est variable avec l'intensité de la teinte à obtenir, mais elle est toujours très faible. Un cent millième (0,001 pour 100) d'or suffit à donner une coloration appréciable ; la teneur courante des verres rubis varie entre 0,005 à 0,010 pour 100, pour les roses très clairs, et 0,100 pour 100 pour le rouge-rubis foncé.

La présence du plomb dans le verre est favorable au développement du rouge-rubis ; elle procure en même temps au verre une plus grande malléabilité, ce qui facilite son emploi pour doubler le verre blanc.

Il faut autant que possible éviter la soude dans la composition. Le meilleur verre à employer est un cristal à base de plomb et de potasse.

Lorsque le verre rouge à l'or est employé comme doublage, ce qui est le cas général, la composition doit être telle que son coefficient de dilatation soit égal à celui du verre blanc qu'il s'agit de doubler.

Dans le verre rapidement refroidi, l'or métallique, comme cela a lieu pour le cuivre, se trouve à l'état incolore ; la coloration rouge se développe sous l'influence d'un recuit gradué, n'allant pas jusqu'au ramollissement.

Du reste, il se passe dans la couleur du verre aurifère les mêmes changements singuliers de couleur que ceux qui se produisent à différentes températures dans le verre coloré à l'oxyde de cuivre. Lorsque la fusion est complète, le verre est incolore dans le pot, ou bien il est parfois verdâtre ou jaune topaze

au milieu et rouge ou [illegible]
incolore reste telle lors du [illegible]
on la chauffe de nouveau. [illegible]
vail, elle prend aussitôt une [illegible]
qui s'étend du point chauffé [illegible]
augmente en intensité [illegible]
et paraître noire par la [illegible]
le même quand on chauffe [illegible]
oxydant ou non, il a [illegible]
présente aucun autre [illegible]
n'est une altération dans la [illegible]
0,005 à 0,008.

Le verre qui a été ainsi [illegible]
cuisson peut être de nouveau [illegible]
fusion et un refroidissement [illegible]
teinte colorée en le chauffant [illegible]
refondu trop souvent [illegible]
pérature excessivement [illegible]
il passe au brun léger [illegible]
pare de l'or en grains. [illegible]
incolore est refroidi [illegible]
lui faire reprendre sa [illegible]
vement incolore. Ces [illegible]
été expliqués, et [illegible]
combinaison que l'or [illegible]

Bontemps et *Knapp* [illegible]
leur d'or par des changements [illegible]
ger admet un oxyde d'or [illegible]
que la coloration est [illegible]
barth, à l'or métallique.

Pour obtenir une [illegible]
il est nécessaire d'em[illegible]
sion extrême. D'un [illegible]

facilement que le verre auquel il doit être associé, on aurait à craindre qu'il se rassemble et tombe au fond du creuset s'il n'était parfaitement divisé et disséminé dans toute la masse soumise à la vitrification. On y parvient facilement en imbibant la composition vitrifiable, ou le sable qui y entre, avec une dissolution de sel d'or, chlorure, pourpre de Cassius, etc.

Voici quelques compositions de verres rouges :

I.	Rubis de Bohême.	
	Quartz étonné et pulvérisé. . . .	100
	Minium.	150
	Potasse fine frittée.	30
	Borax fondu.	20
	Sulfure d'antimoine	5
	Peroxyde de manganèse	5
	Or détonant broyé avec de l'essence de térébenthine	5
II.	Sable.	100
	Potasse.	48
	Chaux.	8
	Pourpre de Cassius	6
	Oxyde de manganèse.	4
III.	Sable.	100
	Potasse.	35
	Nitrate de potasse	7
	Minium.	78
	Pourpre de Cassius	8
	Oxyde de manganèse.	4
	Sulfure d'antimoine	4
IV.	Sable.	100
	Potasse.	30
	Nitrate de potasse	5
	Minium.	60
	Pourpre de Cassius	12
	Oxyde de manganèse.	6
	Sulfure d'antimoine	6

V.	Cristal blanc en menus fragments.	100
	Minium.	15
	Salpêtre.	3
	Pourpre de Cassius	0.25
	Antimoniate de potasse	3

Le cristal ci-dessus a la composition suivante :

Sable	100
Minium	66,6
Carbonate de potasse.	33.3

En ajoutant au mélange une proportion excessivement faible d'oxyde de cobalt, on obtient la teinte un peu violacée des roses naturelles.

IV. VERRES JAUNES

Pour obtenir le jaune citron, on ajoute au verre 2 pour 100 environ d'*oxyde d'antimoine.*

On emploie également 4 ou 5 pour 100 de *verre d'antimoine* (oxysulfure d'antimoine) pour obtenir le verre jaune topaze.

Le *pourpre de Cassius*, à la dose de 0,1 pour 100, donne la même teinte jaune topaze.

Le *chlorure d'argent* fournit le jaune couleur d'ambre. On emploie ce sel pour colorer le verre en feuilles. Le procédé consiste à triturer le chlorure d'argent avec une bouillie d'argile, et à appliquer ce mélange à l'aide d'un pinceau sur la feuille de verre à colorer. On cuit ensuite au moufle à une température un peu inférieure à celle du ramollissement.

Lorsque le verre a été refroidi lentement, on enlève l'enduit et le verre apparaît avec une couleur jaune transparente qui, à la différence des autres couleurs de moufle, a pénétré la masse du verre à une pro-

fondeur plus ou moins grande selon la durée de la cuisson. Ce phénomène d'imprégnation est connu depuis les premières époques de la peinture sur verre. Il donne de plus beaux résultats que la coloration par fusion, le sel d'argent étant mélangé avec la composition vitrifiable.

Un kilogramme de verre absorbe de 80 à 920 milligrammes d'argent métallique, suivant l'intensité de la coloration.

Le *soufre* est employé pour colorer le verre dans sa masse. Ajouté à du verre blanc, *exempt de plomb*, dans la proportion de 1 à 2 pour 100, il donne une coloration jaune. On obtient une teinte plus belle avec les verres à base de potasse (jaune topaze) qu'avec la soude (jaune serin).

D'après M. Peligot, la composition suivante donne une belle teinte jaune :

Sable	150
Carbonate de potasse.	75
Chaux éteinte	38
Soufre en fleur	2,1

Le *charbon* (de bouleau ou de peuplier) donne comme le soufre une couleur jaune, d'autant plus foncée que le verre est plus basique. Voici trois compositions donnant un beau verre de cette couleur :

	I	II	III
Sable	100	250	130
Carbonate de soude . .	45	100	55
Carbonate de chaux . .	35 à 40	50	27
Charbon.	4	2	1 à 1,5

Si la composition contenait du plomb, le charbon donnerait une coloration noire.

Dans les trois formules de compositions vitrifiables qui précèdent, le carbonate de soude doit être considéré comme un produit impur, contenant du sulfate de soude. La coloration jaune est due, en effet, à la réduction en sulfures des sulfates contenus dans le verre. Si l'on employait des substances pures, le verre obtenu serait incolore.

La même coloration jaune se produit lorsqu'on ajoute au verre blanc du *silicium*, du *phosphure de calcium*, de l'*aluminium* ou du *mercure* au lieu du soufre ou du charbon.

Le *sélénium* produit une coloration rouge orangé.

Les *polysulfures alcalins* donnent des verres rouges.

V. VERRES BLEUS

Les verres qui contiennent très peu de plomb peuvent être colorés en bleu céleste par le *bioxyde de cuivre*.

Voici un exemple de composition :

Sable	100
Carbonate de soude	30
Carbonate de chaux	25
Minium	10
Oxyde de cuivre noir.	7
Nitrate de soude.	6
Oxyde de cobalt	0,4
Groisil blanc.	220

Il faut un verre très basique pour obtenir un bleu céleste pur. Avec un verre riche en silice, le bioxyde de cuivre donne le bleu turquoise.

Composition de verre bleu turquoise :

Sable	100
Carbonate de soude	40
Carbonate de potasse	5
Carbonate de chaux	20
Battitures de cuivre	10
Protoxyde d'étain	0,5

Généralement, c'est à l'*oxyde de cobalt* que l'on a recours pour colorer les verres en bleu. Il suffit d'ajouter au verre fondu une petite quantité d'oxyde et de brasser la masse pour rendre la teinte uniforme. L'état plus ou moins oxydant de l'atmosphère du four étant indifférent, il n'est besoin d'aucune précaution spéciale. L'oxyde de cobalt peut même ne pas être parfaitement pur, son pouvoir colorant étant tel que les modifications apportées à la teinte bleue par les impuretés, dans les proportions où elles se trouvent dans les produits du commerce, sont insensibles.

L'oxyde de cobalt est souvent employé sous forme de *smalt* ou *bleu d'azur*, produit obtenu par la fusion d'un mélange de silice, de potasse et de safre (protoxyde de cobalt impur) (1).

Le smalt présente de nombreuses variétés, différant par leur finesse et leur puissance de coloration. On distingue principalement la couleur (C) et l'éclat (E), chacune de ces qualités est subdivisée suivant sa teneur en cobalt en ordinaire (O), moyen (M), et fin (F) (FF) (FFF), etc.

(1) On ajoute quelquefois une petite quantité d'oxyde de fer à l'oxyde de cobalt pour donner au verre une teinte neutre, convenant en particulier pour regarder au travers l'intérieur des fours de fusion et juger de la température des flammes. Le verre au cobalt pur est rougeâtre par transparence.

Le *safre*, minerai de cobalt soumis au grillage, est également employé pour colorer le verre en bleu.

Suivant la pureté de ce produit, on distingue les safres ordinaires (O S), moyens (M S) et fins (F S, F F S).

Voici quelques compositions de verres bleus au cobalt :

Bleu de ciel (Verre de Bohême à vitres).

Quartz	100
Potasse	45
Os calcinés	36
Chaux éteinte à l'air	2
Sel marin	5
Azur FFFF	3
Arsenic	0,125
Groisil blanc	100

Bleu (Verre de Bohême pour gobeleterie).

Sable blanc ou quartz	100
Potasse	32
Chaux éteinte à l'air	12
Sel marin	2
Azur FFFF	3
Arsenic	0,25
Groisil bleu	100

A défaut de groisil bleu, on prend du groisil blanc et on double la dose de l'azur.

Bleu (Verre de Bohême pour gobeleterie).

Sable ou quartz	100
Potasse	25
Borax	14
Chaux éteinte	12
Azur FFFF	5
Arsenic	0,01
Groisil	100

Bleu de ciel (Verre à vitres).

On ajoute à la composition du verre, pour **100** :

Safre FFS.	3

Bleu de France.

Ajouter à la composition du verre :

Safre FFS..	6

Bleu indigo.

Azur FFFF.	12
Safre FFS.	2

Remarque. — Les verres à base de potasse prennent une teinte plus franche et plus brillante que les verres à base de soude.

Verre neutre pour l'examen des fours.

Sable	300
Carbonate de soude	100
Carbonate de chaux	50
Oxyde de cobalt.	1
Oxyde de fer (battitures).	30

Verre neutre pour lunettes (verres fumés).

Sable	300
Carbonate de soude.	100
Carbonate de chaux	50
Oxyde de cobalt.	0,3
Oxyde de fer (battitures).	10

Autre composition sans cobalt :

Sable	100
Carbonate de soude..	10
Carbonate de potasse.	28
Minium.	50
Oxyde de cuivre.	2
Oxyde de fer	3
Oxyde de manganèse	4

VI. VERRES VERTS

On peut obtenir, avec l'oxyde de cuivre une coloration d'un beau vert émeraude, mais il faut opérer dans des conditions telles que les oxydes métalliques dissous dans le verre soient portés et maintenus à leur plus haut degré d'oxydation. A cet effet, on fait entrer dans la composition des matières oxydantes, telles que les nitrates de potasse et de soude, le bichromate de potasse, etc.

La présence de gaz imparfaitement brûlés dans l'atmosphère du four de fusion peut nuire à la netteté de la teinte et entraîne une certaine difficulté dans cette fabrication.

Voici quelques compositions de verres verts (1) :

I.	Sable	100
	Carbonate de soude	18.75
	Carbonate de chaux	13.75
	Nitrate de potasse	4.37
	Oxyde noir de cuivre	3.13
	Oxyde de fer	1.87
	Bichromate de potasse	2.20
II.	Sable	100
	Carbonate de soude	42.40
	Carbonate de chaux	21.20
	Nitrate de soude	0.20
	Oxyde noir de cuivre	0.20
	Bichromate de potasse	0.40
III.	Sable	100
	Minium	120
	Nitrate de potasse	10
	Oxyde noir de cuivre	11
	Oxyde de fer	4
	Bichromate de potasse	1,8

(1) Les verres riches en silice sont les plus convenables. Avec des verres alcalins, le bioxyde de cuivre donne une teinte bleue.

L'*oxyde de chrome* donne un vert tirant sur le jaune. Le verre ne dissout qu'une très petite quantité de cet oxyde.

On ajoute environ 200 à 300 grammes de sesquioxyde de chrome ($Cr^2 O^3$) par 100 kilog. de verre, ou mieux une quantité équivalente de bichromate de potasse. On obtient le vert foncé en ajoutant à 100 kil. de verre blanc, 0 kil. 250 d'oxyde de cuivre noir et 0,100 à 0,150 d'oxyde de chrome.

L'*oxyde de fer* des battitures, à la dose de 4 à 5 pour 100, donne au verre la teinte vert-bouteille.

Par un mélange d'*oxyde d'antimoine* et d'*oxyde de cobalt*, on peut obtenir la teinte vert d'herbe.

Vert d'herbe.	Pour 100 de verre.
Oxyde d'antimoine.	10,00
Azur FFFF.	3,33

(Cette teinte composée est d'un ton peu agréable).

Le *sulfate de cuivre* donne une coloration vert bleuâtre ; on l'emploie à la dose d'environ 12 à 20 pour 100 de verre.

On obtient une teinte verte plus chaude en ajoutant une petite quantité de sulfate de fer, par exemple :

	Pour 100 de verre.
Sulfate de cuivre.	10
Sulfate de fer	2
Peroxyde de manganèse	2

L'*oxyde d'urane* peut être employé pour colorer les verres à base de chaux et de potasse ayant un excès d'alcali. La présence du plomb nuit au développement de la coloration par l'oxyde d'urane. La teinte donnée par ce produit est jaune par transparence et vert clair par réflexion (dichroïsme).

Vert changeant.	[illegible]
Oxyde d'urane	[illegible]
Vert chrysoprase.	
Oxyde d'urane	[illegible]
Bioxyde de cuivre	[illegible]
Vert Pompadour.	
Oxyde d'urane	[illegible]
Bioxyde de cuivre	[illegible]
Bioxyde de fer	[illegible]
Peroxyde de manganèse	[illegible]

Les *verres d'urane* sont souvent employés en physique pour arrêter les rayons chimiques d'un faisceau lumineux. Ils jouissent en effet de propriétés fluorescentes bien caractérisées, et l'on sait que les corps fluorescents transforment les rayons chimiques en rayons lumineux.

On a conseillé leur emploi sous forme de lunettes, pour les personnes qui sont exposées à des radiations intenses de lumière électrique. Les rayons ultra-violets, dont l'arc électrique est très riche, ont une action néfaste sur la vue ; aussi de nombreux cas de conjonctivite, de douleurs périorbitaires, d'affaiblissement de la vue résultent-ils d'un éclairage électrique trop vif. Au Creusot, les ouvriers qui pratiquent la soudure électrique portent des verres jaunes et rouges juxtaposés. Dans la marine, on munit de verres bleus foncés les hommes qui stationnent devant les foyers électriques. Les oculistes recommandent de préférence le verre d'urane qui intercepte complètement les rayons ultra-violets.

VII. VERRES VIOLETS

Le moyen le plus simple de donner au verre une coloration violette. consiste à ajouter à la composition une petite proportion de peroxyde de manganèse, ou d'un mélange de bioxyde de manganèse et de salpêtre.

Composition de quelques verres violets :

	I	II	III	IV (1)
Sable	100	100	260	100
Carbonate de soude . .	»	34	110	»
Carbonate de potasse. .	36	»	»	20
Minium.	10	2	»	90
Carbonate de chaux . .	20	20	55	»
Groisil	»	100	100	»
Nitrate de soude. . . .	»	2	0,5	»
Peroxyde de manganèse.	6 à 8	10	4	22
Nitrate de potasse. . .	5	»	»	12

Par l'addition d'oxyde de cobalt, il est facile d'obtenir différentes nuances de la teinte violette.

Voici, par exemple, quelques dosages de matières colorantes pour 100 parties de verre :

Violet améthyste clair.

Peroxyde de manganèse 2

Violet améthyste plus foncé.

Peroxyde de manganèse 5

Violet améthyste très foncé.

Peroxyde de manganèse 10

(1) M. Bontemps.

Violet pensée.

Peroxyde de manganèse	15
Azur FFFF.	2

Violet tirant sur le rouge lie de vin (Verre sodique ou cristal).

Bioxyde de manganèse	15

L'*oxyde de nickel* communique au verre une teinte violette, analogue à celle du manganèse, mais ce dernier produit est seul employé en raison de son prix moins élevé.

VIII. VERRES NOIRS

Le verre est coloré en noir par l'addition à la composition de verre ordinaire de mélanges de sels de fer, de manganèse, de cobalt, de cuivre, etc., naturels ou artificiels. Si le verre est très basique, un seul oxyde en proportion convenable peut être suffisant. On obtient, par exemple, un beau verre noir imitant le jais avec les compositions suivantes :

	I	II
Sable	100	100
Potasse	36	38
Chaux éteinte	13	»
Minium.	»	82
Oxyde de cuivre.	10	12
Protoxyde de fer.	10	12
Oxyde de cobalt.	10	8
Oxyde de manganèse. . .	10	8
Azotate de potasse. . . .	»	8

Autre composition : Très beau verre noir permettant de voir le soleil sans rayons :

Silice	250
Carbonate de chaux	50
Carbonate de soude	100
Peroxyde de fer	60
Oxyde de cobalt	1

On fabrique sous le nom d'*hyalithe* un verre noir, dur comme la porcelaine et pouvant imiter le marbre noir.

Ce verre est obtenu en faisant fondre avec du verre ordinaire des scories de forges, des basaltes, des laves, etc., du phosphate de chaux et de la poudre de charbon :

Composition d'un verre noir de belle qualité

Sable	300
Carbonate de soude	100
Carbonate de chaux	45 à 50
Peroxyde de fer ou résidus de pyrites grillées	40 à 45

On obtient encore un beau noir, très franc, avec le *sesquioxyde d'iridium.*

Le verre noir commun est préparé avec une composition basique contenant 2 à 3 pour 100 de soufre et de la poudre de charbon en quantité suffisante.

IX. RECHERCHES SUR LES MODIFICATIONS DANS LA COLORATION DU VERRE PAR LES OXYDES MÉTALLIQUES

PAR M. G. BONTEMPS

« La renaissance des vitraux peints et la fabrication du flint-glass coloré d'abord en Bohême et ensuite dans toutes les parties de l'Allemagne, en

France et en Angleterre, ont, dit *M. Bontemps*, appelé tout spécialement l'attention des verriers. Il y a déjà quelque temps, sur la coloration des verres par les oxydes métalliques. Probablement ils ont essayé les recettes données dans les ouvrages de Néri, Merret, Kunckel, Ferrand, Haudiquer de Blancourt et de beaucoup d'autres, et souvent ils ont dû échouer. Dans ce cas, ils doivent en avoir conclu que les auteurs n'avaient pas obtenu les résultats qu'ils annonçaient. Mais la vérité est qu'ils n'avaient pas opéré dans les *mêmes circonstances*. Dans tous les cas, ces recettes n'avaient qu'une valeur empirique ; la chimie n'était pas encore une science, c'était simplement une agglomération de faits sans la moindre coordination quelconque, et la physique n'était guère plus capable d'expliquer les phénomènes observés.

« A une époque plus récente, à l'aide des sciences chimiques, on a pu analyser les oxydes métalliques ainsi que leurs diverses combinaisons avec les acides. Le *verre*, par analogie, ayant été considéré comme un *sel* à base simple ou multiple, on a admis des *axiomes* généraux dans la coloration de ce corps par les oxydes métalliques. On a dit, par exemple. que les *silicates de potasse* et de *soude* sont *incolores* ; que le *silicate de potasse* ou de *soude* et de *manganèse* est *pourpre* ; que le *silicate de potasse* ou de *soude* et de *cobalt* est *bleu* ; que le *silicate de potasse* et de *deutoxyde de cuivre* est *bleu* ; que le *silicate de potasse* et de *protoxyde de cuivre* est *rouge* ; que le *silicate de potasse* et d'*or* est *pourpre*, etc.

« De semblables axiomes sont bien suffisants pour ceux qui n'ont besoin que de connaissances superficielles, mais si on entre plus avant dans l'examen

des phénomènes produits par l'emploi des oxydes métalliques dans la fabrication du verre, on reconnaîtra bientôt combien le champ est fertile en observations et combien sont incomplètes les explications qu'on en donne.

« Qu'on me permette de citer quelques-uns des phénomènes que produisent un petit nombre de métaux ; quelques-uns de ces phénomènes auront peut-être pour beaucoup de personnes tout l'attrait de faits nouveaux, quoique ces métaux soient ceux employés le plus généralement pour colorer le verre.

1° FER

« On admet généralement que l'oxyde de fer donne une couleur verdâtre au verre, au mélange duquel il a été ajouté, mais la vérité est que cette couleur ne se produit *seulement* que dans des circonstances particulières.

« Les fabricants de porcelaine dure et tendre et de poteries savent très bien que l'oxyde de fer est la matière colorante d'un bel émail *rouge pourpre*, cuit dans leur moufle (et il est démontré que les émaux sont de véritables verres). Si la température était élevée trop haut, cet émail perdrait sa teinte pourprée et tendrait à l'*orangé*, de façon que l'oxyde de fer produit trois des couleurs du spectre, même à des degrés d'une température que je pourrais appeler *basse*, si on la compare à celle des fourneaux à fondre le verre que nous allons maintenant considérer.

« Si dans un pot contenant du verre blanc ou du flint-glass en fusion on introduit, pendant qu'on travaille, un petit fragment de fer, ce fragment, à cause de son poids, gagnera le fond ; or, si après ce tra-

vail le pot est [illegible] voisinage du [illegible] tion du verre q[illegible] *jaune*. On a [illegible] duite par l'oxyde de fer [illegible] *turine* artificielle [illegible] produite en exposant [illegible] tes proportions d'oxydes de [illegible] température au-dessous [illegible] dant cette exposition [illegible] cristaux métalliques [illegible] que par l'oxyde de fer [illegible] *brunâtre*, et plus grande [illegible] plus le verre est jaune.

« Revenant maintenant aux [illegible]res de la coloration du verre par [illegible] voit qu'à une température qui n'est pas [illegible] par exemple, dans les pots [illegible] glass, l'oxyde de fer donne une couleur verte, se rapprochant davantage du jaune que du bleu. C'est généralement en mélangeant de l'oxyde de fer avec de l'oxyde de cuivre qui donne le bleu, qu'on produit toutes les teintes de vert. La couleur verdâtre du verre à bouteilles doit aussi être attribuée à l'oxyde de fer, combiné avec les matières charbonneuses contenues dans le mélange. Mais lorsqu'on fond à une haute température, par exemple, dans la fabrication du verre à vitres, on remarque que l'addition d'une faible proportion d'oxyde de fer au mélange produit un verre de couleur *bleuâtre*. Les fabricants de verre à bouteilles savent aussi que lorsque le verre refroidit dans le pot, il devient *bleu* opaque avant d'être dévitrifié.

On vient de démontrer, par les observations précédentes, que le verre *reçoit toutes les couleurs du spectre de l'oxyde de fer*, et en même temps on remarquera que ces *couleurs sont produites dans leur ordre naturel et proportionnellement à l'élévation de la température.*

2° MANGANÈSE

« On sait généralement que l'oxyde de manganèse est employé pour donner au verre une couleur pourpre, mais plus spécialement, comme *savon des verriers*, pour neutraliser la légère couleur verdâtre produite par de faibles proportions de fer et de matières charbonneuses qui existent dans les matériaux employés pour faire le verre blanc ou le flint-glass ; mais chose très remarquable, c'est que la légère couleur pourprée donnée par l'oxyde de manganèse est très sujette à s'affaiblir ; si le fer reste trop longtemps dans le four de fusion et après cela dans l'arche, la teinte pourprée tourne d'abord au *rouge brunâtre* léger, puis au *jaune* et ensuite au *vert.*

« Je citerai aussi un fait remarquable relatif à la présence du manganèse dans la composition du verre. Le verre blanc, dans lequel on a employé une faible proportion de manganèse, est sujet à devenir jaune par son exposition à la lumière.

« Ayant fait fondre pour le célèbre Augustin Fresnel le verre destiné à faire les premières lentilles polyzonales qu'il ait établies, et pour lesquelles il était à désirer qu'on eût du verre de la plus grande blancheur, ces pièces prismatiques de verre devinrent *jaunes* au bout de peu de temps sans perdre leur transparence et leur poli à la surface. J'ai attribué avec raison cette coloration au manganèse et, en

effet, en supprimant l'oxyde de manganèse dans le mélange, cet effet ne se manifesta plus. De plus, pour démontrer que la lumière avait produit la coloration, j'ai pris un anneau prismatique récemment fabriqué avec le verre contenant du manganèse, je l'ai rompu en deux morceaux, dont l'un exposé à la lumière pendant quelques semaines, est devenu jaune, tandis que l'autre, conservé dans un tiroir, n'a éprouvé aucune altération dans sa blancheur.

On sait aussi que quelques carreaux de verre, surtout les carreaux de verre de Bohême, prennent une légère teinte pourpre après avoir été soumis pendant longtemps à l'influence de la lumière. Le même effet se produit dans le verre à vitres ou le flint-glass contenant une petite proportion de manganèse lorsqu'ils restent dans le four à aplatir ou dans celui à recuire, assez longtemps pour produire un commencement de dévitrification ; dans ce cas, l'intérieur du verre devient blanc opaque, tandis que l'extérieur prend une teinte pourpre.

« J'admets que certains faits de coloration que je viens de mentionner pourraient être expliqués en les rapportant à divers degrés d'oxydation et que le manganèse, par exemple, perd une portion de son oxygène quand le verre passe du pourpre au jaune ; mais je doute que cela suffise pour expliquer les phénomènes, que j'appellerai *photogéniques*, qui ont lieu lorsque le verre est à l'état solide.

3° CUIVRE

« Le cuivre à son plus haut degré d'oxydation donne au verre, complètement exempt de fer, une couleur *bleu de ciel*, inclinant plus au vert qu'au pourpre

à son état le plus inférieur d'oxydation lui communique une couleur *rubis*.

« A toutes les époques aussi bien qu'aujourd'hui, le verre à vitres rouge a toujours été coloré par le protoxyde de cuivre, mais il n'est pas facile d'obtenir cette couleur, parce qu'elle n'est nullement fixe ; il faut la saisir au moment convenable, et cette production est la source d'un grand nombre d'observations intéressantes et curieuses. Lorsque le verre rouge est dans l'état propre à être soufflé, si on le verse avec une cuillère dans l'eau, de manière à opérer un refroidissement subit, il produit du groisil *vert jaunâtre ;* si ce groisil *jaunâtre* est chauffé jusqu'au point de fusion et refroidi lentement, la couleur *rouge* se montrera graduellement à mesure que le verre refroidira, en devenant de la teinte du plus beau rubis, inclinant plus à l'orangé qu'au pourpre. Dans quelques cas, cette couleur est tellement délicate que le refroidissement qui résulte du procédé usuel de fabrication, s'oppose à la manifestation de la teinte rouge, et il est nécessaire d'exposer la pièce de verre fabriquée à la température de l'arche, cas dans lequel on voit la couleur rouge augmenter graduellement jusqu'à ce qu'elle atteigne sa plus grande intensité.

« Si la température de cette arche est trop élevée ou si le verre rubis déjà fait est placé dans un moufle trop chauffé, la couleur *rouge orangé* clair tourne bientôt au *rouge cramoisi* puis au *pourpre*. Si la chaleur augmente, il prend une teinte *bleuâtre*, puis ensuite il se décolore. Il est donc reconnu que le verre rubis doit être exposé à la plus basse température possible pour obtenir les teintes les plus éclatantes.

« On conclut de ces observations [illegible] lequel le cuivre est [illegible] une addition d'étain [illegible] est apte à *acquérir successivement* [illegible] *du spectre*, dans des circonstances [illegible] pas être l'effet d'une [illegible]

4° [illegible]

« L'oxyde d'argent est [illegible] ges qu'on fond dans [illegible] ployé généralement pour [illegible] transparent, sur la surface [illegible] cuit. Cette couleur est produite [illegible] dant ou *flux* ; il est [illegible] à la surface du verre [illegible] portion d'oxyde, ou d'un sel [illegible] un grand état de division [illegible] neutre, tel que de l'argile [illegible] rouge de fer, et d'exposer [illegible] moufle. Le récipient est [illegible] en brossant la surface [illegible] loré en *jaune*, qui varie [illegible] *jaune verdâtre* et l'*orangé* [illegible] d'argent, et spécialement la [illegible]

« On peut même produire [illegible] posant deux fois le verre à [illegible] *M. Dumas* a trouvé, par une [illegible] que le verre qui est susceptible de [illegible] foncées, est formé d'éléments [illegible] plus des proportions définies, ce qui [illegible] avec cette observation que le verre doit avoir été dépouillé de tout son excès d'alcali par une fusion prolongée à

une haute température pour prendre les teintes foncées d'*orangé* et de *rouge*.

« Il est important de ne pas chauffer le moufle à une trop haute température, autrement la surface du verre sur laquelle on a déposé l'argent deviendrait opalescente, quoique, regardée par transmission, elle reste toujours jaune ou orangé. Le verre, observé obliquement, réfléchit une couleur bleue opaque, et à une température encore plus élevée, il a des dispositions à paraître *rouge pourpre* quand on le regarde par transmission, quoique l'opacité de la surface soit encore augmentée et soit passée au jaune brunâtre.

« Si au lieu de teinter le verre dans un moufle, l'argent ajouté à un mélange de flint-glass est fondu en pots couverts dans le temps le plus court possible, le résultat est une matière agatisée demi-opaque, qui par les effets combinés de la réfraction et de la réflexion *présente toutes les couleurs du spectre*. Cet effet est plus sensible si la surface du verre, qui est généralement vert jaunâtre opaque, est taillée à différentes profondeurs. Ces effets sont produits par les inégalités dans le refroidissement, comme nous l'avons vu pour le manganèse et le cuivre.

5° OR

« L'oxyde d'or donne au verre une couleur pourpre qui, par une augmentation dans la quantité, peut atteindre le *rouge pourpre*. A cet effet, on ajoute une petite proportion de précipité pourpre de Cassius à la composition du flint-glass ; mais par une première fusion, cette composition ne donne qu'un verre incolore transparent qui a besoin d'être chauffé de nou-

veau pour développer sa couleur propre. Si, par exemple, on a formé un petit cylindre solide avec le verre de première fusion, ce cylindre, après le refroidissement, est entièrement blanc ; mais si on l'expose ensuite à la chaleur de l'ouvreau du four, on lui voit acquérir graduellement la couleur rouge à mesure que la chaleur le pénètre, et cette couleur reste fixe lorsque le cylindre est de nouveau refroidi graduellement dans le four à recuire.

« J'ai remarqué aussi qu'en faisant varier les degrés de la température à laquelle on porte un morceau de ce verre d'une certaine longueur, et le refroidissant à plusieurs reprises, on produisait un grand nombre de teintes variant du bleu au pourpre, au rouge, au jaune opaque et au vert. Mais je ne suis pas bien certain que cet effet ne doive pas être attribué à quelques fragments d'argent mélangés à l'or employé, et le seul point qui reste parfaitement positif est le fait de la couleur pourpre qui se *développe d'elle-même par un second feu* dans le verre, dans la composition duquel il entre de l'or.

« A ces résultats sur la coloration par les oxydes métalliques, j'ajouterai un effet produit dans la coloration du verre par le charbon, effet qui est de la même nature que ceux mentionnés dans la coloration par le cuivre et l'or.

« Un excès de charbon dans le mélange du verre silico-alcalin donne une couleur jaune qui n'est pas aussi brillante que le jaune de l'argent, mais assez belle pour être employée dans les vitraux d'église ; et parfois, suivant la nature du bois qui a servi à faire le charbon et l'époque à laquelle il a été coupé,

cette couleur jaune peut être *transformée en rouge foncé* par un second feu.

« Je doute que tous les faits que je viens de mentionner puissent être expliqués par les divers degrés d'oxydation des métaux. Cette multiplicité des couleurs, en plus grand nombre que celui des oxydes décrits pour chaque métal, doit nous conduire à examiner si ces phénomènes ne seraient pas les conséquences des *lois physiques*.

« Les faits variés observés dans la coloration du verre, produits spécialement par l'influence de températures différentes, doivent probablement être attribués à *quelques modifications dans la disposition des molécules de composition*; effets qui donnent lieu à des modifications dans la réflexion et la réfraction des rayons lumineux ; bien plus, il est nécessaire de remarquer que bon nombre des résultats que j'ai mentionnés sont *produits dans quelques circonstances qui paraissent placer le verre dans une condition de cristallisation.* »

CHAPITRE XXIV

PIERRES PRÉCIEUSES ARTIFICIELLES

Sommaire. — I. Strass incolore. — II. Agate. — III. Aigue marine ou Beryl. — IV. Améthyste. — V. Aventurine. — VI. Chrysoprase. — VII. Diamant. — VIII. Emeraude. — IX. Hyacinthe. — X. Grenat. — XI. Lapis. — XII. Opale. — XIII. Rubis. — XIV. Saphir. — XV. Topaze. — XVI. Tourmaline.

De temps immémorial, les pierres précieuses sont devenues le partage de l'opulence; mais comme ce

goût est devenu en même temps commun à toutes les classes de la société, même à celles que la médiocrité de leur fortune ne permet pas de le satisfaire, on s'est attaché à fabriquer des bijoux en cuivre doré et des pierres précieuses factices.

La fabrication des verres colorés conduisait facilement à cette découverte, ou, pour mieux dire, n'avait besoin que d'un perfectionnement. Ce but a été complètement atteint, puisque, à la dureté près, il faut quelquefois un œil bien exercé pour distinguer les pierres naturelles des pierres factices.

Les pierres factices sont toutes formées d'un très beau cristal nommé *strass*, coloré de diverses manières par des oxydes ou des sels métalliques; mais il faut pour cela que la fusion soit bien conduite, et que ces oxydes n'y soient ajoutés que lorsqu'elle est bien complète. Nous donnerons dans ce chapitre les principales recettes.

Nous avons déjà dit que les pierres factices, bien faites, imitaient parfaitement celles qui sont le produit de la nature; voici cependant en quoi elles en diffèrent : elles sont en général moins dures, on peut les rayer beaucoup plus facilement, et elles perdent leur poli par le frottement. Il arrive souvent aussi que les pierres factices offrent quelques petites bulles dans leur épaisseur, surtout si la fusion ne s'est pas bien opérée. Enfin leur densité diffère plus ou moins de celle des pierres naturelles.

A cela près, les pierres factices les plus dures, les mieux nuancées, d'une belle apparence, et exemptes de bulles, lorsqu'elles sont bien montées, ne sont pas toujours faciles à reconnaître au coup d'œil; il faut souvent recourir à la lime ou au burin.

Suivant une opinion assez répandue, le diamant et les pierres précieuses différeraient des pierres fausses en ce que les premières, après avoir été frottées, enlèveraient avec elles des parcelles de paille; mais cette propriété leur est commune avec les pierres factices qui, par le frottement, développent à leur surface l'électricité dite vitrée ou positive et deviennent dès lors aptes à enlever également ces petites pailles.

Dans la fabrication des pierres précieuses artificielles, il est beaucoup de précautions à prendre, de soins à observer, que la pratique seule peut faire connaître. Les matières doivent être pulvérisées et même porphyrisées avec attention. Les mélanges ne se font bien que par une transition répétée. Il ne faut pas se servir du même tamis pour passer différentes compositions, quelque soin que l'on mette à le nettoyer après l'opération.

Enfin, pour obtenir des masses bien fondues, bien homogènes, sans stries et sans bulles, il faut employer des substances pures et mélangées dans un état de ténuité extrême, choisir les meilleurs creusets, fondre à un feu gradué et bien égal dans son maximum de température; laisser la matière au feu pendant vingt-quatre à trente heures, et ne faire refroidir le creuset que très lentement, afin que la matière éprouve une sorte de recuit.

Nous allons maintenant passer en revue la fabrication des différentes pierres factices; nous croyons jeter un plus grand intérêt sur cet objet en y joignant les propriétés et l'analyse chimique des pierres précieuses naturelles, afin d'offrir aux fabricants plus de facilités pour imiter de plus près la nature, en tâ-

chant de faire une véritable spécialité, comme d'éminents chimistes, tels que MM. Fremy, Becquerel, etc., en ont montré récemment la possibilité.

I. STRASS INCOLORE

Le strass (1) est un cristal très plombifère qui sert de base à la préparation des pierres précieuses artificielles. Il se rapproche beaucoup du flint-glass par ses propriétés et sa composition. Chimiquement c'est un borosilicate de potasse et de plomb. Grâce à son pouvoir réfringent élevé, ce verre peut acquérir par la taille presque tous les feux du diamant.

M. Dumas, dans sa *Chimie appliquée aux arts*, a décrit les procédés de *M. Douault-Wieland*, ce joaillier distingué, dont les travaux sur la fabrication des strass n'ont pas encore été surpassés.

Nous nous faisons un devoir de reproduire ici cet article parce que, indépendamment des formules qu'il renferme, on y trouve sur ce genre de fabrication des instructions précieuses pour la pratique.

Le strass incolore se prépare avec la silice, la potasse, le borax et l'oxyde de plomb. On ajoute quelquefois à ces matières de l'acide arsénieux. Comme on veut avoir un produit bien pur, il faut apporter un grand soin dans le choix des matières premières.

La silice peut se prendre à l'état de cristal de roche, de sable ou de silex. Le cristal de roche donne un verre plus blanc; le silex contient toujours un peu

(1) *Strass* est le nom d'un joailler, vivant à la fin du siècle dernier, qui acquit une grande renommée dans la fabrication des verres plombeux imitant les pierres précieuses naturelles.

de fer qui colore le verre en jaune; il en est de même du sable le plus pur.

L'un et l'autre ont donc besoin d'être lavés à l'acide chlorhydrique.

Pour pulvériser et tamiser le cristal de roche, ainsi que les silex, on commence par les étonner en les faisant rougir au feu et les jetant dans l'eau froide.

Une quantité trop grande de silice dans la composition donne plus de dureté, mais rend la fusion difficile. On est alors forcé d'ajouter une matière qui favorise la fusion, soit de la potasse (la soude donne moins d'éclat), soit du borax, soit de l'oxyde de plomb.

La potasse ne doit pas être mélangée avec d'autres sels. Douault-Wiéland choisit la plus belle potasse, ou bien il prend de la potasse caustique à l'alcool; mais l'emploi du nitrate de potasse paraît bien préférable, en raison de la pureté constante de ce sel.

Le borax du commerce pourrait produire un verre brun; il faut préférer l'acide borique cristallisé. Une trop forte proportion de borax rend le verre efflorescent.

L'oxyde de plomb s'emploie à l'état de minium bien pur. La pureté absolue du carbonate de plomb précipité du sous-acétate par l'acide carbonique pourrait engager à faire usage de la céruse de Clichy; elle donne un beau verre, en effet, mais qui n'est pas exempt de bulles. Le plomb augmente la densité et l'éclat du verre, mais une proportion trop élevée nuit toutefois à la dureté; elle expose le verre à devenir efflorescent à la surface et à perdre son éclat.

Le choix des creusets est bien important. Ceux de Hesse sont meilleurs que ceux en porcelaine. Ces creusets colorent quelquefois la matière en jaune ou en brun quand leur surface interne laisse échapper quelques particules de fer. On n'a pas cet inconvénient à craindre avec des creusets de porcelaine dure, mais ils se cassent ou se séparent souvent, et ils sont trop perméables.

On se sert pour fondre la matière d'un four à potier ou d'un four à porcelaine, et les creusets restent vingt-quatre heures environ au feu. Plus la fusion est tranquille et prolongée, plus le strass acquiert de dureté et de beauté. Si l'on a d'excellents creusets, on peut se servir du four à porcelaine ; mais quand on y fait trop de pertes, il faut se contenter du four à potier.

Quand les strass sont colorés, une trop forte chaleur peut nuire à la fonte, car beaucoup de couleurs ne réussissent pas à de hautes températures, et la masse, lors du refroidissement, éclate et se divise en petits morceaux. La fusion s'opère dans un creuset qu'on remplit à peu près jusqu'à moitié avec les matières réduites en poudre fine et passées au tamis de soie.

Douault a réussi à faire de très beaux strass en employant plusieurs compositions.

Les quatre mélanges suivants ont produit de bons résultats :

	I	II	III	IV
Cristal de roche. . . .	300	—	300	—
Sable..	—	300	—	300
Minium.	470	—	462	—
Céruse de Clichy. . .	—	514	—	—
Potasse à l'alcool. . .	163	96	160	96
Borax..	22	27	18	27
Acide arsénieux. . . .	1	1	0.5	1

Le strass incolore n'est en usage que dans la bijouterie. Il sert à faire des imitations de diamants.

Avec le cristal de roche, on obtient un strass plus dur que celui qui est fait avec le sable ou le silex ; mais il est quelquefois trop blanc, ce qui n'est pas avantageux pour les petites et moyennes pierres. Elles ont moins d'orient et jettent moins de feux que celles dont la matière est légèrement colorée en jaune. Cette teinte disparaît dans la taille des pierres.

Voici quelques autres compositions de strass données par différents auteurs :

M. Loyssel :

Sable blanc lavé à l'acide chlorhydrique	100
Minium	150
Potasse calcinée	30 à 35
Borax calciné	10
Acide arsénieux	1

Le poids spécifique de ce cristal est analogue à celui du diamant, c'est-à-dire de 3,4 à 3,6.

M. Bastenaire-Daudenart :

Sable blanc lavé à l'acide chlorhydrique	100
Minium	140
Potasse calcinée	32
Borax calciné	12
Acide arsénieux	0,6

M. Douault-Wiéland :

Cristal de roche en poudre fine et tamisée	100
Minium en poudre très pur	158
Potasse pure	55
Acide borique	6
Acide arsénieux	0,2

II. AGATE

L'agate est une variété de quartz ; c'est de la silice à peu près pure, à cassure terne et cireuse, de couleurs variées après le poli.

Cette pierre offre un grand nombre de variétés dues à la diversité de ses principes constituants, qui sont : le quartz, le jaspe, l'améthyste, l'opale, la cornaline, etc. Les principales variétés sont : l'agate *rubanée*, l'agate *herborisée*, l'agate *moka*, l'agate *breccie* ou en *brèche*, l'agate *fortification*. Lorsqu'elle est sciée transversalement, l'agate présente à l'intérieur des lignes ayant des configurations variables ; les dénominations ci-dessus sont basées sur la forme de ces lignes.

Les agates les plus estimées sont celles qui présentent à leur intérieur quelque animal ou quelque plante bien dessinée.

On imite l'agate en faisant fondre ensemble des morceaux de verres de différentes couleurs ; quand tout est arrivé à consistance pâteuse, on agite la masse de diverses manières et on la travaille immédiatement. *Schrader* a obtenu diverses agates avec l'oxyde rouge de fer qui avait rougi la fonte par places ; il ajoutait à 60 grammes de celle-ci 2 gr. 45 d'oxyde rouge de fer.

III. AIGUE-MARINE OU BÉRYL

C'est une pierre peu recherchée, même quand elle est naturelle. C'est une émeraude pâle, tirant sur le bleu plutôt que sur le vert, et imitant assez la couleur de l'eau de mer. Les lapidaires ont donné le nom d'*aigue-marine orientale* au corindon hyalin vert.

On prépare l'aigue-marine factice à l'aide du mélange suivant :

Strass.	1000
Verre d'antimoine.	7 à 9
Oxyde de cobalt.	0,4

Autre composition :

Cristal de roche.	60
Carbonate de soude sec	20
Borax calciné.	15
Minium.	10
Salpêtre	5
Oxyde rouge de fer.	0,486
Carbonate de cuivre	0,162

Ou à la place des deux oxydes ci-dessus :

Oxyde rouge de fer.	0,324
Carbonate de cobalt.	0,016

IV. AMÉTHYSTE

L'améthyste naturelle est un quartz coloré en violet par un oxyde non encore déterminé, mais qui paraît être celui de manganèse.

Pour imiter l'améthyste, on fait fondre le strass avec un peu d'oxyde de cobalt et de pourpre de Cassius. On peut aussi avec le peroxyde de manganèse obtenir un beau violet. La couleur doit être belle et veloutée pour qu'on en fasse quelque cas.

Voici quelques compositions.

M. Bastenaire-Daudenart :

Sable blanc	100
Minium.	150
Potasse calcinée	30
Borax calciné.	20
Peroxyde de manganèse.	19
Pourpre de Cassius.	1,2

M. Douault-Wiéland :

Strass incolore.	1000
Oxyde de manganèse.	8
Oxyde de cobalt.	5
Pourpre de Cassius	0,2

V. AVENTURINE

1° AVENTURINE A BASE DE CUIVRE

Les verriers de Murano ont fabriqué longtemps, au moyen de procédés restés secrets, une pierre précieuse artificielle, connue sous le nom d'aventurine (1), qui présente l'aspect d'une matière transparente, jaune, brune ou verdâtre, et parsemée dans toute sa masse de petites paillettes brillantes comme de l'or.

Grâce aux recherches faites, il y a cinquante ans, par *MM. Frémy* et *Clémandot*, on sait aujourd'hui reproduire cette pierre assez facilement (2).

L'aventurine de Venise est composée, d'après les analyses de *Wœhler*, d'un verre tendre, tenant en suspension des paillettes de cuivre métallique cristallisé dans le verre fondu.

On l'obtient en chauffant un mélange de composition vitrifiable, de protoxyde de cuivre et de fer (à l'état métallique ou de sel au minimum d'oxydation).

Le fer a pour but de réduire l'oxyde de cuivre ; il

(1) Il existe une variété de quartz dont la masse est parsemée de parcelles brillantes d'or métallique, et qui a reçu le nom d'*aventurine* naturelle.

(2) Fremy et Clémandot, — *Recherches sur l'aventurine artificielle* (1846).

se transforme en silicate de peroxyde de fer qui reste dissous dans le verre et le colore en jaune verdâtre.

La préparation de l'aventurine présente d'assez grandes difficultés : Les cristaux de cuivre doivent être autant que possible répartis régulièrement dans le verre ; il faut éviter qu'une température trop élevée soit nécessaire à la fusion du verre et à la réduction du cuivre, car ce dernier se rassemblerait en un culot métallique au fond du creuset. Une température trop basse est également à craindre, car le métal s'agglomérerait avant la fusion du verre.

MM. Frémy et *Clémandot* ont opéré le mélange suivant :

Verre pilé.	300
Protoxyde de cuivre.	40
Battitures de fer.	80

Ce mélange, étant chauffé pendant douze heures, et soumis ensuite à un refroidissement très lent, fournit une masse vitreuse contenant d'abondants cristaux octaédriques de cuivre métallique.

Pettenkofer a préparé l'aventurine directement avec l'hématinone; dans ce but, il a mélangé avec la masse d'hématinone en fusion une petite quantité de limaille de fer suffisante pour réduire la moitié du cuivre qui s'y trouve contenu et qui, après une longue fusion, se rassemble au fond du creuset sous forme d'un régule. Le verre récemment fondu est noir-vert foncé; par un refroidissement lent, il se transforme en aventurine véritable (1).

(1) Wagner, Fischer et Gauthier. — *Traité de chimie industrielle.*

M. Hautefeuille a conseillé d'employer les mélanges suivants pour obtenir l'aventurine :

1°	Glace de Saint-Gobain.	200
	Azotate de potasse.	20
	Battitures de cuivre.	12,5
	Peroxyde de fer..	6
2°	Sable.	150
	Craie.	35,7
	Carbonate de soude sec.	80,1
	Carbonate de potasse.	14,3
	Azotate de potasse.	20
	Battitures de cuivre..	12,5
3°	Verre à vitres blanc	120
	Sable.	50
	Carbonate de soude..	65
	Azotate de potasse.	20
	Battitures de cuivre..	12,5

Quand le verre est bien liquide, on ajoute 3,8 de fer en poussière fine, en trois portions enveloppées dans du papier. On incorpore la poudre au verre en maclant au moyen d'une tige de fer rougie. Le verre devient rouge sang et opaque. Lorsqu'il est pâteux et bulleux, on arrête le tirage du fourneau, on ferme le cendrier, on couvre de cendre le creuset et on laisse refroidir lentement jusqu'au lendemain.

M. Henrivaux donne la composition suivante comme ayant donné de bons résultats, en opérant dans un four de verrerie, en agissant en présence d'une atmosphère réductrice, et en obtenant un refroidissement très lent et, si possible, dans une atmosphère un peu fumeuse ;

Sable blanc.	250
Carbonate de soude sec.	100
Carbonate de chaux..	50
Battitures de fer (légèrement calcinées).	100 à 115
Battitures de cuivre..	20 à 25

Aussitôt que le verre sera fin, on le maclera avec une tige de fer et on enfournera de nouveau après l'effervescence produite par ce maclage.

On pourra également employer le mélange suivant :

Sable blanc..	250
Carbonate de soude sec.	100
Carbonate de chaux	50
Battitures de cuivre..	15 à 25
Sanguine (sesquioxyde de fer). . .	150 (1)

2° AVENTURINE A BASE DE CHROME

M. Pelouze a découvert, en 1865, qu'on pouvait préparer à l'aide du bichromate de potasse une aventurine verte d'un très bel aspect, dans laquelle les paillettes sont des cristaux extrêmement brillants de sesquioxyde de chrome.

On sait que le sesquioxyde de chrome communique une couleur verte aux fondants et particulièrement au verre. Le bichromate de potasse jouit de la même propriété, ce qui doit être, puisqu'il se décompose par la chaleur en oxyde de chrome et en chromate neutre de potasse. Ce dernier sel est à son tour décomposé par la silice, d'où résultent de l'oxygène, du silicate de potasse et de l'oxyde de chrome.

Ainsi, en présence de la silice, tout l'acide chro-

(1) Henrivaux. — *Le Verre.*

mique du bichromate alcalin passe à l'état d'oxyde de chrome qui reste dans le verre.

Si la proportion du sel est petite, le verre est transparent, d'une homogénéité parfaite et d'une couleur verte légèrement jaunâtre.

Si elle est plus forte, dans une certaine mesure, on trouve dans le verre des paillettes de sesquioxyde de chrome.

Les essais de *M. Pelouze* ont été pratiqués avec les dosages suivants, qui ont toujours été les mêmes, la proportion de chromate seule étant variable :

Sable	250
Carbonate de soude	100
Spath calcaire.	50
Bichromate de potasse	10 à 50

Premier essai. — Avec 10 grammes de bichromate, le verre fond, s'affine et se recuit bien. Il est homogène, transparent et d'une couleur verte légèrement jaunâtre.

Deuxième essai. — Avec 20 grammes de bichromate, le verre se travaille et se recuit avec la même facilité que le précédent ; sa couleur est d'un vert très foncé ; on distingue facilement des petites paillettes de sesquioxyde de chrome.

Troisième essai. — Avec 40 grammes de bichromate, la fonte est sensiblement plus difficile. Le verre est rempli de cristaux extrêmement brillants.

Quatrième essai. — Avec 50 grammes de bichromate, la fusion est extrêmement difficile. Le verre est rempli d'une masse confuse de paillettes, et n'a plus l éclat et la beauté du précédent.

Il résulte de ce qui précède que le meilleur dosage,

pour la préparation de l'aventurine de chrome, est le suivant :

Sable.	250
Carbonate de soude.	100
Carbonate de chaux.	50
Bichromate de potasse	40

Le verre qui en résulte contient 6 à 7 pour 100 d'oxyde de chrome dont la moitié à peu près est combinée avec le verre et l'autre moitié reste à l'état de liberté, sous forme de cristaux ou paillettes brillantes.

L'aventurine verte se prépare avec beaucoup plus de facilité que celle de Venise. Elle existe pendant la fusion du verre, tandis que cette dernière ne se forme que pendant le recuit.

Si l'on veut que les paillettes d'oxyde de chrome soient bien réparties dans l'aventurine, on doit la couler en plaques minces, car les cristaux ont tendance à se séparer de la masse et à se rassembler à la surface.

L'aventurine au chrome jette des éclats de lumière au soleil et dans les lieux fortement éclairés ; sous ce rapport, elle ne le cède qu'au diamant. Elle est plus dure surtout que l'aventurine de Venise, et sous ce dernier rapport d'une plus grande valeur.

Au milieu des irrégularités que présentent dans leurs contours les paillettes disséminées dans l'aventurine au chrome, *M. Daubrée* y a reconnu avec certitude la forme de l'*hexagone régulier*, forme appartenant au système cristallin du sesquioyyde de chrome.

Ces paillettes ont d'ailleurs la plus grande ressem-

blanc avec certaines variétés [illegible] lamelles, telles qu'on en rencontre [illegible] ments, et notamment avec le [illegible] *laire* ; or on sait que le fer [illegible] avec le sesquioxyde de chrome.

VI. CHRYSOPRASE

Cette pierre est une variété [illegible] l'oxyde de nickel une couleur [illegible] blanchâtre (vert poireau ou vert pomme).

Le mélange suivant permet d'obtenir une chrysoprase vert pomme translucide [illegible]

Cristal de roche.	[illegible]
Carbonate de soude [illegible].	[illegible]
Borax calciné. . . .	[illegible]
Minium.	1
Salpêtre.	[illegible]
Os calcinés au blanc. . . .	[illegible]
Carbonate vert de cuivre. . .	[illegible]
Oxyde rouge de fer.	[illegible]
Carbonate de chrome.	[illegible]

Ce mélange donne une chrysoprase [illegible] on obtient une couleur plus [illegible] trois derniers oxydes métalliques [illegible] proportions, de sorte qu'on peut [illegible] de nuances.

VII. DIAMANT

De toutes les pierres précieuses le diamant est la plus estimée. L'Inde est le premier lieu où il a été trouvé ; on le rencontre principalement dans les royaumes de Golconde et de Visapour, dans le district de Serra-do-Frio, au Brésil, au Bengale, etc. Le

diamants existent toujours dans des terrains de transport, ordinairement composés de substances terreuses et de cailloux quartzeux roulés, ayant pour ciment un mélange argilo-ferrugineux et quartzeux.

Le diamant est incolore ; on en trouve cependant de colorés en bleu, brun, jaune, gris, noir, rouge et vert ; ces deux derniers sont très rares. Sa forme primitive est l'octaèdre, et sa molécule intégrante le tétraèdre régulier. Il se présente en morceaux roulés et sous plus de quinze formes cristallines différentes qui constituent autant de variétés.

Le diamant est le plus dur de tous les corps ; les faces naturelles possèdent cette propriété à un degré plus élevé que les faces taillées ; on ne peut l'user qu'avec sa poussière. Lorsqu'il est ainsi taillé, il décompose les rayons solaires, et offre un jeu agréable de couleurs irisées. Il a cet éclat vif qui lui est propre ; sa cassure est lamelleuse, les fragments ont la forme de l'octaèdre ou du tétraèdre ; il raie tous les corps connus, développe l'électricité positive par le frottement, tandis que le quartz produit la négative ; par son exposition au soleil, il devient phosphorescent : son poids spécifique est de 3,4 à 3,6.

C'est le plus transparent de tous les corps, celui qui réfracte le plus fortement la lumière.

L'opération de la taille du diamant est récente ; elle ne remonte qu'au xve siècle. Pour l'effectuer, on le dégrossit en frottant deux morceaux l'un contre l'autre ; la poussière qui se dégage est recueillie soigneusement et sert à tailler des diamants de choix. Une fois qu'on s'est procuré le diamant dégrossi, on achève de lui donner la forme et le poli qu'il doit avoir ; pour obtenir ce résultat, on le fixe avec de

l'étain dans une griffe en cuivre et on l'use sur une plaque d'acier saupoudrée de poussière de diamant, et animée d'un mouvement de rotation très rapide. Les diamants de rebut qu'il serait impossible de tailler sont pulvérisés dans un mortier d'acier et leur poussière est utilisée pour la taille des diamants de choix.

On taille les diamants soit en *rose*, soit en *brillant*. Dans la rose, le dessous du diamant est plat, le dessus s'élève en dôme taillé à facettes au nombre de vingt-quatre.

Dans le brillant, le pourtour de la table offre huit pans partagés en faces triangulaires ou losangées. Cette partie comprend le tiers du diamant. Le dessous ou la culasse, formée des deux autres tiers, se compose de facettes symétriques, qui correspondent à celles de la partie supérieure.

On imite le diamant à l'aide du strass incolore (voir page 127).

VIII. ÉMERAUDE

ÉMERAUDE NATURELLE

Elle vient principalement du Pérou ; on la trouve aussi en Egypte, à l'île d'Elbe, en Suède, en Sibérie, en France, etc. ; les plus belles sont celles du Pérou. C'est la gemme la plus estimée après le rubis.

Les belles émeraudes sont d'un vert qui leur est propre, plus ou moins foncé ; elles sont presque toujours cristallisées en petits prismes hexaèdres simples ou modifiés de diverses manières ; elles sont éclatantes, transparentes, presque aussi dures que la topaze ; elles présentent un peu de réfraction double,

se colorent en bleu quand on les chauffe modérément, et reprennent leur couleur par le refroidissement. A une haute température, elles donnent un verre blanc vésiculaire. Leur poids spécifique est de 2,60 à 2,77.

M. Thenard regarde l'émeraude comme un composé de :

Silicate d'alumine.	52
Silicate de glucine.	48

Et d'après les constituants de ces deux sels, de :

Silice	68
Alumine	18
Glucine.	14

ÉMERAUDE FACTICE

L'émeraude est très facile à fabriquer. Celle qui réussit le mieux résulte du mélange de l'oxyde vert de cuivre avec le strass incolore :

Strass.	30
Oxyde de cuivre.	0,2

Il convient de se servir d'oxyde de cuivre précipité par la potasse d'une solution de nitrate de cuivre ; sinon on fera bien d'introduire un peu de nitrate de potasse (salpêtre) dans la composition.

Si l'on ajoute de l'oxyde de cobalt, le verre obtenu présente des reflets bleus.

La composition qui imite le mieux l'émeraude naturelle est, d'après *M. Douault-Wiéland*, la suivante :

Strass incolore	1000
Oxyde de cuivre pur.	0,8
Oxyde de chrome.	0,2

On peut, en augmentant la proportion de chrome ou d'oxyde de cuivre et en y mêlant de l'oxyde de fer, faire varier la nuance verte et imiter le *péridot* ou l'émeraude foncée.

L'oxyde de chrome seul donne une nuance vert gazon trop prononcée.

L'oxyde de fer ou l'oxyde d'urane ajoutés à l'oxyde de cuivre, l'oxyde de cobalt ajouté à l'oxyde de chrome, donnent de bons résultats.

Voici quelques formules données par M. *Schrader* :

Cristal de roche.	60	60	75
Carbonate de soude sec. . .	30	20	15
Borax calciné.	10	15	»
Minium.	10	10	10
Salpêtre.	5	3.25	5
Oxyde rouge de fer.	1.62	»	»
Carbonate vert de cuivre. . .	0.81	»	0.25
Carbonate de cobalt.	»	0.125	»
Carbonate de chrome.. . . .	»	0.82	»
Carbonate d'urane.	»	»	6.50
Oxyde d'étain.	»	»	0.25
Os calcinés.	»	»	0.25

Compositions données par M. *Bastenaire-Daudenart* :

Sable blanc.	10	10
Minium..	15	15
Potasse calcinée.	3	5
Borax calciné.	2	2
Oxyde jaune d'antimoine.	0,5	»
Oxyde de cobalt pur.	0,1	»
Oxyde vert de chrome.	»	0,25

IX. HYACINTHE

C'est le nom donné par les joailliers au *grenat essonnite* de Ceylan, longtemps pris pour un *zircon*. Sa couleur est brune ou jaune tirant sur le rouge. Cette pierre est dure et infusible. On la trouve en cristaux prismatiques rectangulaires terminés par des sommets tétraèdres et dérivant d'un prisme carré.

Les lapidaires ont encore donné le nom d'hyacinthe à une variété de topaze ou de grenat, quelquefois même de quartz, d'une couleur jaune de miel.

On l'imite en fondant ensemble :

Strass.	30
Peroxyde de fer.	1,3

On fait passer les nuances du rouge au brun marron, en augmentant les doses de l'oxyde de fer.

X. GRENATS

GRENATS NATURELS

On connaît plusieurs espèces de grenats : comme leur analyse peut mettre sur la voie de leur fabrication, nous allons entrer dans quelques détails sur ce sujet :

1° Grenat de fer (*almandin*, *grenat précieux*, *noble*, *oriental* ou *syrien*, pyrope).

Ce grenat se rencontre dans des roches et dans des couches métallifères primitives, en Ecosse, en Allemagne, dans la Laponie, la Saxe, la Suède, en France, etc. ; les plus recherchés sont ceux du Pégu. Il est quelquefois en masse, parfois disséminé, mais le plus souvent en grains arrondis et cristallisés, soit

en dodécaèdres rhomboïdaux (forme primitive), soit en dodécaèdres tronqués sur tous les bords, soit en une pyramide tétraèdre rectangulaire, ou bien en une double pyramide aiguë, à huit pans et à surface lisse. Sa couleur est rouge foncé, tirant quelquefois sur le bleu; elle est plus éclatante à l'intérieur qu'à l'extérieur. Le grenat est translucide et transparent; sa cassure est conchoïde. Il est cassant et raie le quartz. Sa réfraction est simple; son poids spécifique, de 3,8 à 4,2.

D'après *Thénard*, sa composition est la suivante :

Silicate d'alumine.	39
Silicate de fer.	61
	100

Soit, d'après les principes constituants de ces sels :

Silice	38
Alumine	20
Oxyde de fer	42
	100

Cette analyse, à 1,80 d'oxyde de manganèse près, est semblable à celle qu'en a donnée *Berzélius*.

2° Grenat de manganèse.

Il diffère du précédent par sa couleur brune. Il a pour composition :

Silicate d'alumine.	38
Silicate de manganèse.	62
	100

Soit :

Silice	38
Alumine	20
Bioxyde de manganèse	42
	100

3° GRENAT DE CHAUX (*grenat commun, grossulaire*).

On le rencontre en masse ou bien disséminé dans des cavités drusiques, ainsi qu'en couches dans les schistes micacés, argileux, et dans le trapp primitif en Irlande, en Norwège, en France, etc.

Il est quelquefois en cristaux analogues à ceux des grenats précieux. Ses couleurs sont le brun, le vert ou le rougeâtre, plus ou moins translucide, plus ou moins éclatant. Sa cassure est inégale, à grains fins. Il est moins dur et plus fusible que le grenat noble. Poids spécifique : 3,35 à 3,7.

COMPOSITION :

	(Vauquelin)	(Beudant)
Silice	38	41
Alumine	20,6	22
Chaux	31,6	37
Oxyde de fer	10,5	»
	100,7	100

4° GRENAT MELANITE.

On le trouve dans le basalte de Bohême, à Frascati, etc. ; sa couleur est noir de velours. Il est quelquefois en grains arrondis, mais le plus souvent en dodécaèdres rhomboïdaux tronqués sur les bords ; la surface de ces grains est inégale, celle des cristaux

[illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] cassure [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] fique : [illegible]

[illegible]

- [illegible]
- [illegible]
- [illegible]
- [illegible]
- [illegible]

[illegible]

On peut [illegible] même [illegible] thes, en augmentant [illegible] fer. La préparation [illegible]

- [illegible]
- Verre d'antimoine [illegible]
- Pourpre de Cassius [illegible]
- Oxyde de manganèse [illegible]

La fusion de ce cristal [illegible] très bien le grenat [illegible] maient *escarboucle*.

M. Schrader donne [illegible]

Cristal de roche .	[illegible]
Carbonate de soude sec .	[illegible]
Borax calciné	[illegible]
Minium.	[illegible]
Salpêtre	[illegible]
Pyrolusite [illegible]	[illegible]
Oxyde rouge de fer.	[illegible]



On peut ajouter à ce mélange 0,080 de pourpre de Cassius pour rehausser la nuance.

XI. LAPIS

Le véritable lapis ne change pas de couleur au feu, tandis que la pierre arménienne et la pierre d'azur perdent leur couleur bleue au feu.

On imite cette pierre avec un strass coloré par le cobalt, dans lequel on introduit une matière qui trouble la transparence :

Cristal de roche.	30
Carbonate de soude sec	10
Borax calciné.	7,50
Minium	5
Salpêtre	2
Os calcinés au blanc.	5
Carbonate de cobalt.	0,165

XII. OPALES

OPALES NATURELLES

L'opale se trouve dans plusieurs contrées d'Europe, surtout dans la haute Hongrie. Elle est molle quand elle est tirée depuis peu de terre ; par son exposition à l'air, elle se durcit et perd de son volume.

Cette pierre est amorphe, translucide, d'une cassure conchoïde, d'un poids spécifique qui varie entre 1,95 et 2,54.

Quelques variétés jouissent de la propriété d'émettre divers rayons colorés avec un reflet particulier, quand on les met entre la lumière et l'œil ; ce sont celles que les lapidaires désignent par le nom d'*opales orientales,* et les minéralogistes par celui d'*opales nobles* ; ce sont les plus estimées.

Les autres peuvent acquérir [illegible] par une longue exposition au soleil. Le [illegible] des minéralogistes est une pierre [illegible] des opales, mais moins [illegible] tantes.

Werner a divisé les opales en quatre [illegible] et Jameson en sept variétés.

Nous allons examiner les trois [illegible] les plus estimées.

1° Opale noble, orientale ou [illegible]

Cette variété existe en petits [illegible] porphyre argileux, dans la H[illegible] que dans des roches de trapp [illegible] de l'Irlande, sa couleur est [illegible] bleu ; elle offre un jeu de [illegible] variées, quand on fait varier sa [illegible] à la lumière ; elle est très [illegible] demi transparente, cassante, à [illegible] d'une pesanteur spécifique égale à 2.1[illegible] chalumeau, mais blanchissant et [illegible]

COMPOSITION :

Silice	[illegible]
Eau	[illegible]
	[illegible]

Il est quelques-unes de ces opales [illegible] la propriété de devenir transparentes [illegible] plonge dans l'eau ; on les appelle *hydrophanes ou opales changeantes.*

2° *Opale commune*

Elle existe en filons avec la précédente, dans du porphyre argileux, ainsi qu'en filons métallifères, en Islande, dans le nord de l'Irlande, etc. Cette opale est d'un banc de lait très éclatant, avec une diversité de nuances, telles que le blanc grisâtre, verdâtre, jaunâtre, etc. Elle est à demi transparente, rayant le verre, à cassure conchoïde, adhérant à la langue, facile à casser, infusible, demi-dure, d'un poids spécifique variant de 1,95 à 2,14.

COMPOSITION :

Silice.	93,5
Oxyde de fer.	1
Eau.	5
	99,5

3° *Opale feu*

On ne l'a trouvée encore qu'au Mexique, dans une variété particulière de pierre de corne porphyrique. Cette opale est rouge hyacinthe, très éclatante, très transparente, dure, à cassure conchoïde, acquérant par l'action de la chaleur une légère couleur chair. Poids spécifique : 2,12.

COMPOSITION :

Silice.	92,00
Oxyde de fer.	0,25
Eau.	7,75
	100,00

L'opale noble est un véritable hydrate de silice ; les deux autres sont aussi des hydrates colorés par le fer.

OPALES FACTICES

Le procédé de fabrication des opales factices est très simple. Il consiste à faire entrer dans la composition du strass un peu d'oxyde d'étain pour obtenir un cristal très brillant mais un peu opaque. Suivant les quantités de cet oxyde, on obtient la fausse opale et le girasol de Venise.

Voici la composition que donne *M. Bastenaire-Daudenart :*

Sable blanc lavé.	25
Minium.	20
Potasse calcinée.	10
Nitrate de potasse.	2
Oxyde d'étain.	16

Le strass peut d'ailleurs être rendu translucide par différents moyens (voir l'article *Emaux*, Chap. XXVI) : nous n'en citerons qu'un autre, emprunté à *M. Schrader.* La composition renferme, dans ce cas, une petite quantité de phosphate de chaux (os calcinés) :

Cristal de soude	45
Carbonate de soude sec	15
Borax calciné.	10
Minium.	7,50
Salpêtre	1,25
Pourpre minéral	0,008
Os calcinés au blanc	0,125
Chlorure d'argent.	0,162

XIII. RUBIS

RUBIS SPINELLE NATUREL

On trouve ce minéral dans une pierre calcaire primitive en Sudermanie (1) ainsi que dans les provin-

(1) Sudermanie, ancienne province suédoise au sud de l'Upland.

ces de Pegu et d'Ava, en Birmanie et dans l'île de Ceylan.

Considéré comme pierre précieuse, lorsqu'il pèse quatre carats, son prix est égal à celui d'un diamant ne pesant que la moitié de ce poids.

Le rubis spinelle se trouve le plus souvent cristallisé en octaèdres très réguliers, en tétraèdres parfaits ou modifiés, en une table épaisse équiangle à six côtés, en un dodécaèdre rhomboïdal, etc. Il a l'éclat du verre, la cassure conchoïdale aplatie; il est rayé par le saphir.

Il est cassant, à réfraction simple, d'une couleur rouge, passant au bleu d'un côté, et de l'autre au jaune et au brun; le poids spécifique varie de 3,5 à 3,8.

La composition du rubis est, suivant *M. Vauquelin* :

Alumine	82,47
Magnésie	3,78
Acide chromique	6,18
Perte	2,57
	95,00

Le plus gros rubis qu'on connaisse dans le monde fut apporté de Chine au prince Gagarin, passa depuis dans les mains de Menzikoff et est actuellement un des éléments de la couronne impériale de Russie.

L'*escarboucle* est le nom que les anciens donnaient au rubis ainsi qu'au grenat syrien.

RUBIS OU ROSE DE BOHÊME NATUREL

C'est une variété de quartz qui doit sa teinte rose au manganèse; il la perd par une longue exposition

à l'air et devient laiteux. C'est alors le *[illegible]* des Allemands.

RUBIS FACTICE

Parmi les pierres artificielles, [illegible] la plus chère. La préparation de [illegible] moyen d'obtenir constamment et à [illegible] beaux rubis. Souvent le mélange pour [illegible] une masse opaque, translucide sur les bords et offrant en lames minces une couleur rouge par transparence. Une partie de cette masse [illegible] de strass dans un creuset de Hesse [illegible] heures au feu d'un four à potier donnent pour résultat un beau cristal jaunâtre [illegible] Refondu au chalumeau, celui-ci [illegible] rubis oriental.

On peut faire un rubis moins beau [illegible] férente, en employant les proportions suivantes :

Strass incolore.	[illegible]
Oxyde de manganèse.	[illegible]

Composition pour rubis ou rose de [illegible] tice :

Sable blanc.	[illegible]
Minium.	[illegible]
Potasse calcinée.	3
Or fulminant broyé avec l'essence de térébenthine	[illegible]
Sulfure d'antimoine.	[illegible]
Peroxyde de manganèse.	[illegible]

On doit fritter cette composition et n'y mettre les oxydes colorants que lorsqu'on la met ensuite dans le creuset, surtout l'oxyde d'or ; sinon les sels métalliques pourraient être réduits pendant la fritte. [illegible]

augmentant la dose de l'or, on se rapproche du rubis oriental.

XIV. SAPHIR

Après le diamant, le saphir est la pierre précieuse la plus estimée; les plus beaux se trouvent dans les Indes orientales et particulièrement dans le royaume de Pégu et dans l'île de Ceylan ; on le rencontre aussi en Bohême, en Saxe et en France, au ruisseau d'Expailly. C'est dans les terrains d'alluvion, dans le voisinage des roches de formation secondaire qu'on le découvre.

Les principales couleurs du saphir sont le bleu et le rouge; ses variétés sont le blanc, le vert, le jaune, etc.; il est le plus souvent cristallisé ; ses cristaux sont d'une petite dimension ; leur forme primitive est un rhomboèdre dont les angles alternes sont de 86 et 94 degrés.

M. Bournon a décrit huit modifications de cette forme; il paraît cependant que les formes ordinaires sont des pyramides à six faces.

Le saphir est d'un éclat se rapprochant de celui du diamant. Il tient le milieu entre le transparent et le translucide; il jouit d'une réfraction double et présente une cassure conchoïde. Il est cassant et après le diamant c'est le plus dur de tous les corps. Son poids spécifique est de 4 à 4,2. Il est infusible au chalumeau.

Composition du saphir naturel

	Saphir bleu (Klaproth)	Saphir rouge (Chenevix)
Alumine.	98,0	90,5
Chaux.	0,5	7,0
Oxyde de fer.	1,0	1,2
Perte.	0,5	1,3
	100,0	100,0

VARIÉTÉS DU SAPHIR

1° Les *blancs* sont très rares; sans la différence de leur éclat, on pourrait les confondre avec le diamant; cependant quand ils sont coupés, ils sont presque aussi éclatants que lui. Ces variétés et celles d'un bleu pâle, par leur exposition à la chaleur, deviennent d'un blanc de neige;

2° Les variétés de la plus grande valeur sont celles cramoisi et rouge carmin : c'est le *rubis oriental* des joailliers, qui diffère beaucoup du rubis ordinaire.

3° Le *corindon vermeil* ou *vermeil oriental, rubis calcédonien*; au lieu de la belle couleur des rubis d'Orient, il a un aspect laiteux semblable à celui des *calcédoines*;

4° Après le rubis oriental, la variété constituant le *saphir bleu* est la plus estimée; c'est le vrai *saphir oriental.* Il est très rare;

5° Après le saphir bleu vient le jaune ou *topaze orientale*;

6° La variété violette, ou *améthyste orientale*, vient en troisième rang;

7° Il est aussi une autre pierre connue sous le nom d'*astérie* ou *pierre étoile*, parce que vue au soleil, en la tournant sur elle-même, elle présente, au centre, l'image d'une étoile. C'est une très belle variété du saphir; elle est, en général, d'un beau violet rougeâtre, avec un éclat opalescent, et offre la forme rhomboïdale à sommets tronqués;

8° Le *saphir d'eau*, qui est une variété de quartz, dite *bleu saphirin*, est très rare.

SAPHIR FACTICE

La composition suivante donne un beau cristal qui imite très bien le saphir bleu. La fusion doit être prolongée pendant trente heures environ :

Strass très blanc.	100
Oxyde de cobalt (précipité du nitrate de cobalt par la potasse). .	0,10 à 0,45

Composition imitant le saphir d'eau

Sable blanc	100
Minium.	150
Potasse calcinée.	30
Borax.	10
Nitrate de potasse cristallisée . . .	10
Oxyde de cobalt très pur.	1,8

Formules données par *Schrader* :

Cristal de roche.	60	40	60
Carbonate de soude sec.	30	20	30
Borax calciné.	10	15	5
Minium.	10	7,500	5
Salpêtre.	5	2,500	2,50
Carbonate de cobalt. . .	0,081	0,020	»
Carbonate vert de cuivre.	»	1,225	2,50

XV. TOPAZE

TOPAZE NATURELLE

La topaze forme une partie constituante essentielle d'une roche primitive particulière qui est un agrégat de topaze, de quartz et de schorl (oxyde de titane), et qui porte le nom de roche topaze. On la trouve en gros cristaux et en masses roulées dans l'Aber-

deenshire, en filons en Angleterre; elle existe aussi en cavités drusiques dans le granit, etc.

La topaze est d'un beau jaune, très éclatante, transparente, à réfraction double, plus dure que le quartz ; sa cassure, en petit, est conchoïde. Poids spécifique : 3,4 à 3,6.

COMPOSITION :

	Topaze du Brésil	Topaze de Saxe
Alumine.	58,38	57,45
Silice..	34,01	34,24
Acide fluorhydrique. . .	7,79	7,75

Les topazes qui proviennent de gisements divers présentent de grandes différences.

Ainsi une température très élevée fait perdre aux topazes de Saxe leur éclat et leur transparence, tandis que celles du Brésil se colorent en rouge rose et, à une température encore plus haute, en bleu violet.

La *topaze de Bohême* ou *fausse topaze* qui imite fort bien la topaze du Brésil, n'est qu'une variété de quartz coloré en jaune. Elle est rayée, de même que celles qui sont factices, par la topaze du Brésil.

TOPAZE FACTICE

M. Douault a donné la composition suivante pour imiter la topaze :

Strass très blanc	1000
Verre d'antimoine.	40
Pourpre de Cassius.	1

Il faut choisir le verre d'antimoine le plus transparent et d'un jaune rouge orangé clair.

Cette composition est très sujette à varier dans la fonte, en raison du degré de température ou de la durée du feu.

Elle passe du blanc de strass au jaune soufre, au violet et au rouge pourpre, suivant des circonstances qu'il est difficile d'apprécier. Si la fusion n'est pas bien conduite, la matière est opaque ; on l'emploie alors à faire des rubis.

Autre composition :

Sable blanc.	100
Minium.	145
Potasse calcinée.	32
Borax calciné	9
Oxyde d'argent.	5

XVI. TOURMALINE

C'est un minéral siliceux de composition très complexe, qui jouit de la propriété de prendre la bipolarité, lorsque les extrémités de ses cristaux sont inégalement chauffées. Toutes les tourmalines sont à demi transparentes; les jaunes et les rougeâtres le sont plus que les brunes et les noires.

TOURMALINE FACTICE

C'est au moyen du nickel qu'on obtient la couleur brun rougeâtre de la tourmaline.

Voici la composition donnée par *M. Schrader* :

Cristal de roche.	40
Carbonate de soude sec..	20
Borax calciné.	15
Minium.	7,50
Salpêtre.	7,50
Oxyde de nickel..	0,65

CHAPITRE XXV

PEINTURE SUR VERRE

Sommaire. — I. Préparation des couleurs. — II. Procédés de peinture sur verre. — III. Cuisson de la peinture. — IV. Teinture du verre. — V. Impression sur verre.

I. PRÉPARATION DES COULEURS

RECETTES DONNÉES PAR M. STEGERS

Nous suivrons dans l'énumération de ces recettes, la nomenclature adoptée pour les matières colorantes, c'est-à-dire que nous appellerons *fondus* toutes celles qui ont été fondues avec le fondant et sont déjà vitrifiées, et que nous réserverons le nom de couleurs à toutes les autres matières colorantes, qui n'ont pas subi encore l'opération indiquée, et qui, du reste, peuvent être soumises à la cuisson, soit aussi avec un fondant, soit sans addition de ce fondant. On évite par cette distinction les erreurs qui proviennent souvent de la confusion du mot de fondu avec celui de fondant.

I. Blanc

A. *Fondu*. 1. — On fait fondre 2 parties de *Beinglass* (fritte de verre ordinaire et de poudre d'os calcinés) et 1 partie de minium dans un creuset de Hesse, dans un fourneau à vent, on coule dans un plat rempli d'eau froide, puis après le refroidissement on triture sur une glace épaisse de verre, avec une molette également en verre.

B. *Couleur*. 2. — 1 partie d'os calcinés à blanc,

avec 2 parties de fondant broyées ensemble sur la glace en verre.

Fondant : Verre plombeux ou silicate de plomb (jet ou rocaille).

3. — 1 partie d'oxyde blanc d'étain avec 2 parties de fondants traités comme précédemment.

Fondant : Silicate de plomb.

4. — On obtient l'oxyde d'étain pour le blanc de la manière suivante : Dans un creuset de Hesse couvert, on fait fondre 1 partie de copeaux d'étain fin et on y ajoute, aussitôt que le métal est en fusion, 2 parties de salpêtre en agitant bien le mélange avec une tige de fer. On couvre alors le creuset ; on le maintient au milieu de charbon incandescent en remuant de temps à autre le mélange avec la tige, jusqu'à ce que celle-ci commence à blanchir vers la pointe. Après avoir continué l'agitation encore pendant quelque temps, on verse la masse fondue du creuset dans un mortier d'agate, on laisse refroidir, on triture, on fait bouillir avec de l'eau, on décante et on fait sécher.

II. Noir

A. *Couleur*. 5. — 2 parties d'oxyde de cuivre préparé par la calcination du nitrate de ce métal et 2 parties de fondant.

Fondant : Parties égales de borax cristallisé, de minium et de verre en poudre, sont, après avoir été mélangées, introduites dans un fourneau à vent, dans un creuset de Hesse où on les tient en fusion pendant une heure ou une heure et demie ; on coule alors dans un vase rempli d'eau, et après avoir enlevé et séché la masse, on triture sur la glace.

6. — Ou bien, on ajoute aux ingrédients précédents un peu d'oxyde de fer, ou de peroxyde de manganèse, qui donnent ce ton brunâtre qu'on observe si fréquemment dans les anciennes peintures sur verre.

7. — 1 partie d'un noir préparé avec de l'oxyde rouge de fer qu'on obtient par le mélange de protoxyde de fer et d'huile d'olive, amené ainsi à l'état de poudre humide, puis soumis dans un creuset à la chaleur jusqu'à évaporation de l'huile, 1 partie d'oxyde de cuivre obtenu par la calcination et l'efflorescence du carbonate vert de cuivre par la voie humide et 2 1/4 parties de fondant.

Fondant : 2 parties de silicate de plomb broyé à l'eau sur une plaque de cuivre, ou sur un marbre à broyer ordinaire, et amené à une finesse suffisante, et 1/4 partie gomme arabique. On n'ajoute cette dernière substance que lorsque le silicate plombeux est déjà mélangé à l'oxyde. On triture alors aussi finement que possible.

8. — Ou bien 1 partie d'oxyde de cobalt, 1 partie de peroxyde de manganèse, 1 partie de grenaille des fonderies de cuivre, 1 partie de battitures de cuivre qu'on mélange intimement, puis qu'on fait fondre d'abord à un feu doux, puis à un feu violent, jusqu'à fusion complète. On coule alors dans l'eau ; on triture après le refroidissement; on ajoute 12 parties de fondant et on broie finement.

Fondant : 1 partie de sable pur et blanc et 3 parties de litharge fondues ensemble : lorsque la masse est bien fluide, on la roule sur une plaque de marbre ou dans un mortier de fer, chauffé ; après le refroidissement on broie fin, on lave à l'eau par dé-

cantation pour séparer tout le plomb qui pourrait être réduit.

9. — Ou bien 2 parties d'oxydule de fer avec 2 1/4 parties de fondant qu'on travaille comme le n° 7.

10. — Ou bien 1 partie de battitures de cuivre, 3 parties d'oxyde de cuivre et 4 parties d'antimoine calciné qu'on traite comme au n° 8, et broie avec 3 parties de fondant.

Fondant : 1 partie de sable et 3 parties de litharge traités comme au n° 8 et triturés fin avec 1/3 de borax. On prépare le borax de la manière suivante : On remplit à moitié avec cette substance un creuset qu'on laisse au milieu d'un feu de charbon, jusqu'à ce que le borax se transforme en une masse poreuse, c'est-à-dire soit calciné. On verse alors dans un autre creuset, où l'on fait fondre à un feu très vif, jusqu'à ce que le borax forme une masse limpide ; on verse alors dans l'eau froide, on pulvérise et on broie aussi fin que possible après le refroidissement.

11. — Ou bien, une partie de pourpre (dont on donne plus bas la préparation), 3 parties d'oxyde de cobalt, 3 parties de battitures de cuivre, 6 parties d'antimoine calciné et 3 parties d'azur ou smalt de cuivre qu'on traite comme le n° 8 et mélange avec 3 parties de fondant.

Fondant : 1 partie de sable et 2 3/4 parties de litharge qu'on traite comme au n° 8 et qu'on broie finement avec 3/8 partie de borax préparé comme il a été dit.

12. — Ou bien, on traite 3 parties d'oxyde de cobalt, 3 parties de obixyde de cuivre, 3 parties de

battitures de cuivre et 4 parties d'antimoine avec 3 parties de fondant comme dans les nos 8, 10 et 11.

Fondant : 1 partie de sable, 2 parties de litharge et 1/4 partie de borax comme au no 10.

13. — Ou bien 2 parties d'oxyde noir de cuivre, traité avec 2 1/4 de fondant, de la même manière qu'au no 7.

14. — On prépare un beau noir bleuâtre lorsqu'on ajoute aux recettes nos 7, 9 ou 13 une petite portion d'oxyde de cobalt.

15. — On obtient un noir à reflet brunâtre, si, aux mêmes recettes, on ajoute aussi une petite dose de peroxyde de manganèse.

16. — Une partie d'azur de cuivre et une partie d'antimoine calciné, mais non pas jusqu'à perdre sa couleur noire, donne un noir mat et intense.

17. — 1 partie d'azur de cuivre et 1 partie de peroxyde de manganèse calciné, traités comme précédemment.

18. — 1 partie de pourpre de Cassius, 1 partie d'oxyde de cobalt et 1 partie de peroxyde bien mélangés ensemble et finement triturés.

III. Rouges

A. *Fondu*. 19. — 1 partie d'oxyde de fer qu'on obtient en dissolvant dans de l'acide nitrique du clou bien propre et qu'on a fait rougir au blanc, évaporant lentement la dissolution sur un feu doux, et faisant rougir le résidu qu'on fond avec 3 parties de fondant composé d'une partie de sable, 2 parties de litharge et 1/4 partie de borax (1), jusqu'à ce qu'en

(1) Nous ferons remarquer ici, une fois pour toutes, que toutes les fois qu'il s'agit de fondant de sable et de litharge, comme dans

agitant avec une baguette de verre, la matière se tire en fils purs et déliés. On jette ensuite la masse avec le creuset dans l'eau, on la détache de celui-ci après le refroidissement, on pulvérise dans un mortier d'agate et on broie sur la glace en verre.

20. — 1 partie de peroxyde de manganèse avec 8 parties de fondant composé de 4 parties de sable et 12 de litharge, fondus et traités comme précédemment.

B. *Couleurs*. 21. — 1 partie de couperose verte bien exempte de cuivre qu'on chauffe plus ou moins et qu'on pulvérise avec 2 à 3 parties de fondant, donnent toutes les nuances, depuis le rouge clair jusqu'au violet brunâtre.

Fondant : 6 parties de sable quartzeux blanc, lavé et calciné, 4 à 5 parties d'oxyde jaune de plomb et 2 à 3 parties de nitrate basique d'oxyde de bismuth pulvérisés finement, mélangés intimement dans une capsule de porcelaine, puis fondus dans un creuset de Hesse couvert, porté au rouge, et amenés, après avoir été agités à plusieurs reprises avec une baguette d'acier, à l'état de masse bien fluide qu'on verse dans un plat rempli d'eau, qu'on fait sécher, qu'on pulvérise et passe à travers un tamis de soie.

22. — On obtient le rouge ordinaire avec 1 partie

les recettes 22, 26 et 63, ces deux ingrédients, avant d'être ajoutés à la couleur, sont mélangés et fondus à une haute température dans un creuset de Hesse, versés dans un mortier de fer, pulvérisés après le refroidissement et lavés à l'eau par décantation, tandis que le fondant de sable, de litharge et de verre de borax, comme pour les recettes 32, 59, 68 et 74, le sable et la litharge sont bien, comme il vient d'être dit, fondus et pulvérisés, mais le borax leur est simplement ajouté et pulvérisé avec eux, mais jamais fondu avec leur poudre.

de sulfate de fer, calciné à une température très élevée, lavé par décantation à 4, 5 ou 6 reprises différentes avec de l'eau chaude, desséché et broyé fin avec 3 parties de fondant.

Fondant : 4 parties de sable et 12 de litharge.

23. — Pour rendre plus stable ce safran de Mars, qui est extrêmement léger, on le calcine avec du sel marin fin et blanc, porté préalablement dans un creuset couvert à une température voisine du rouge ; on ajoute une partie de ce sel à une partie de safran dans un mortier d'agate ou de verre, on pulvérise avec soin et on remplit de cette poudre un creuset qu'on soumet à une chaleur de plus en plus élevée, en l'entourant successivement et complètement de charbons incandescents. La masse retirée du feu et refroidie est versée dans un mortier, réduite en poudre fine, décantée trois à quatre fois à l'eau chaude en agitant soigneusement à chaque nouvelle addition d'eau avec une baguette en verre pour enlever complètement le sel. Quand l'eau de lavage ne tient plus en suspension de matière colorante rouge, on décante, on lave encore une fois à l'eau pure, puis après le séchage on broie finement pour l'usage, puis on broie avec une partie du fondant précédent. Pour opérer avec plus de sécurité, on peut dissoudre préalablement le sel marin dans l'eau, filtrer et évaporer. Enfin il est plus prudent, pour le succès de l'opération, de faire usage d'un creuset neuf et qui n'a point encore servi.

24. — Ou bien, parties égales d'ocre jaune, d'oxyde jaune de plomb ou de silicate de plomb, d'antimoine, de sulfure de cuivre et de sulfure d'argent, triturés finement à l'eau, puis portés sur le verre sans addition de fondant.

25. — 1 partie d'argent renfermant du cuivre, par exemple celui des monnaies, fondu avec 2 parties de sulfure d'antimoine, pulvérisé et mêlé à autant d'oxyde rouge de fer ou colcotar. Ce mélange s'emploie également sans fondant et s'étend comme le précédent en couche assez épaisse à la surface du verre qui, à la température nécessaire pour la cuisson, se colore en rouge. Le surplus de la masse est enlevé après l'opération avec une spatule.

26. — 1 partie d'argent, 2 parties d'antimoine sulfuré rouge et 1 partie de soufre, rendus liquides par la fusion et mélangés pour l'usage à 2 parties de fondant.

Fondant : 4 parties de sable et 8 de litharge.

27. — Ou bien, 2 parties d'oxyde rouge de fer, 1 partie de gomme, 4 parties de silicate de plomb et 6 parties de la plus belle sanguine. On commence par broyer très finement sur une glace le silicate de plomb, puis on y ajoute la litharge, la gomme et l'oxyde de fer, et après que le tout a été bien incorporé, la sanguine pulvérisée, on broie le tout au plus haut degré de finesse possible, puis on mélange dans un verre à pied, avec la quantité d'eau nécessaire, 120 à 150 grammes pour faire un sirop de peu de consistance. En été, on place le mélange au soleil, et en hiver près d'un poêle ou dans un four, en le garantissant avec le plus grand soin de la poussière, sans cependant s'opposer à l'évaporation par les moyens dont on se sert pour le couvrir, en le couvrant d'une cloche en verre sur les parois de laquelle les vapeurs se condensent et ruissellent. On laisse ainsi le liquide en repos pendant trois jours, les parties pesantes se précipitent au fond du verre, et la

liqueur se montre sur les bords en anneaux translucides d'une belle couleur rouge ; on la décante avec soigneusement et on procède de même que précédemment jusqu'à ce que, par des décantations répétées, on ait extrait toute la couleur du dépôt. Alors on l'évapore à siccité dans une capsule en verre à une douce chaleur, celle du soleil autant que possible, et on le conserve pour l'usage. Employée à l'état encore liquide et avant d'être entièrement sèche, cette couleur est toujours plus fine et plus éclatante qu'après la dessiccation. Dans ce second état, on en fait usage sans la broyer préalablement, opération qui lui enlèverait sa transparence et son éclat. Bien préparée et employée avec adresse, elle surpasse, sous ces deux rapports, le plus beau rouge des anciens.

28. — On prépare un rouge brique avec 1 partie d'oxyde de fer et 12 d'un jaune d'ocre qu'on fait avec 1 partie de sulfate basique de fer et 1 partie d'oxyde de zinc et mêlé à 5 parties de fondant.

Fondant : 1 partie de sable, 3 parties de minium et 1/8 partie de borax calciné, qu'on pulvérise, mélange, fond, dissout, sèche et broie, comme au n° 21.

29. — On prépare un rouge de chair en faisant fuser par la chaleur du sulfate de fer et de l'alun réduits en poudre grossière, et poussant la température jusqu'à l'apparition de la couleur désirée ; on lave le résidu à l'eau chaude et on le mélange à 1 ou 2 parties de fondant.

Fondant : 6 parties de sable quartzeux, blanc, lavé et calciné ; 4 parties d'oxyde jaune de plomb ; 1 partie de borax et 1 partie de salpêtre, traités comme au n° 21.

30. — Rouge sombre : 1 partie de sanguine préparée avec 3 parties de fondant mélangés et broyés sur glace.

Fondant : 4 parties de sable et 8 de litharge.

31. — On prépare le pourpre de Cassius en précipitant une dissolution d'or (celle de chlorure) par une dissolution d'étain (chlorure d'étain). C'est de la plus ou moins grande quantité de l'étain qu'on ajoute et de l'état d'oxydation plus ou moins considérable des solutions que dépend la nuance de cette belle couleur rouge, telle que l'écarlate, le carmin, le rose, la couleur de chair, etc., ou bien le violet ou le brun. Pour s'en servir, on y ajoute 4 parties de fondant.

Fondant : 1 partie de pierre à fusil, portée au rouge trois ou quatre fois de suite dans un creuset et chaque fois plongée dans l'eau, puis pulvérisée dans un mortier de porcelaine, passée au tamis de soie ; 1 1/4 partie de borax calciné et 5/8 partie de minium, le tout fondu ensemble puis trituré finement.

32. — On dissout 1 partie de feuilles d'or dans de l'eau régale, on verse la solution dans un verre, on l'étend de 15 parties d'eau de pluie et on y ajoute 1 1/2 partie de copeaux d'étain fin qu'on a fait dissoudre dans de l'acide chlorhydrique, laissé refroidir et qu'on verse en agitant continuellement. Après avoir abandonné le mélange au repos pendant un quart d'heure, on verse 1/2 partie d'urine pure et on remue avec soin. Au bout de deux heures environ on décante la liqueur qui surnage le pourpre qui s'est déposé, on lave celui-ci avec soin, puis quand il est sec on le dépose dans un vase plat de porce-

laine, on le couvre d'un papier et on l'expose en cet état sur des charbons ardents jusqu'à ce que le papier soit charbonné. Le pourpre s'emploie avec 12 parties de fondant.

Fondant : 1 partie de sable, 2 de litharge et 3/4 de borax calciné.

33. — On dissout une pièce d'or dans de l'eau régale ; la solution est débarrassée par décantation du chlorure d'argent qui s'est formé par suite de l'alliage de ce dernier métal avec l'or ; on lave ce chlorure à l'eau distillée qu'on ajoute ensuite à la solution aurique ; on évapore celle-ci sans filtration à une douce chaleur jusqu'à ce qu'il se forme à sa surface une pellicule cristalline et qu'en penchant un peu le vase d'un côté on voie une petite portion de la solution rouge se faire jour à travers la pellicule. Alors on laisse refroidir la masse qui se concrète de plus en plus, puis qu'on dissout sans plus attendre et pour éviter qu'elle ne tombe en déliquescence, dans 10 fois son poids d'eau, et enfin qu'on filtre pour en séparer une faible portion d'or réduit. On conserve une portion de la quantité d'eau qui a été pesée pour laver le filtre et on ajoute à la solution. — Pour préparer la dissolution d'étain, on peut très bien se servir du sel d'étain cristallisé du commerce, qu'on fait sécher quand il est humide en le pressant entre des feuilles de papier gris. Une partie de ce sel est dissoute dans 4 parties d'eau distillée, on filtre la solution et on l'emploie aussitôt sa préparation, parce que plus tard elle attire l'oxygène de l'atmosphère, se trouble et dépose sous forme de poudre blanche un chlorhydrate basique d'étain. Puis d'autre côté on fait dissoudre 1 partie de gomme

arabique dans 3 parties d'eau distillée chaude, on filtre à travers le papier gris et non pas le papier à filtre ordinaire, à travers lequel le liquide dense et visqueux ne passerait pas. Quand on a préparé ainsi ces trois liqueurs, on ajoute à 100 grammes d'eau distillée 1,50 gramme de la dissolution de gomme, puis, en agitant avec le plus grand soin, 0,75 gramme de la dissolution d'étain ; le vase dans lequel on pose cette dernière est lavé avec un peu d'eau, puis on ajoute aussitôt au tout 1,26 gramme de la dissolution d'or pesée dans un vase qu'on lave avec la liqueur mélangée elle-même. La couleur qui résulte des proportions indiquées est le brun-rouge vif, mais quand on s'en sert pour la peinture sur verre, elle se développe et devient du plus beau rouge pourpre. Pour prévenir l'action de l'acide devenu libre dans la liqueur par la formation du pourpre, acide qui altère un peu cette couleur, on l'étend avec deux fois son poids d'eau et on y dissout 0,55 gramme de bicarbonate de potasse, puis on mêle comme il a été dit avec la dissolution d'étain mélangée à l'eau gommée. Afin de séparer le pourpre dont la précipitation est quelquefois rendue difficile par la gomme, on ajoute au mélange de l'alcool jusqu'à ce qu'il se manifeste un grand trouble ; pour cela on emploie, environ le double du poids du mélange, de l'alcool à 75 degrés centésimaux, et quand on a fait usage de bicarbonate de soude, au-delà du triple de ce poids. Au bout d'une heure, après avoir agité à plusieurs reprises pendant ce temps, le pourpre se précipite en flocons brun rougeâtre, la liqueur s'éclaircit et n'a plus qu'une faible coloration. Après avoir décanté on verse encore un peu d'alcool

sur le précipité, on le jette sur un filtre de papier où, quand il s'est égoutté, on le presse avec son filtre entre plusieurs feuilles de papier non collé, on l'enlève et on le brosse dans une capsule avec de l'alcool faible ou à 30 degrés, pour en former une bouillie claire qu'on fait bouillir pendant trois minutes dans un vase approprié à cet usage, puis on le verse dans un tube de verre. Après que le pourpre s'y est déposé, on décante la liqueur surnageante et on la remplace par le double de son volume d'eau. On répète cette opération une seconde fois, jusqu'à ce qu'on ait enlevé jusqu'à la dernière trace de gomme. Si dans la dernière eau le pourpre se précipite encore lentement et forme au-dessus du dépôt une couche rouge claire, ce qui annonce une disposition à se dissoudre, il faut encore, après avoir décanté cette eau, ajouter une petite portion d'alcool fort, afin que le pourpre devienne plus dense et qu'il abandonne au filtre les dernières portions de liquide. Quoi qu'il en soit, le précipité recueilli sur un filtre et égoutté, est comme la première fois comprimé dans du papier non collé, enlevé encore humide avec un couteau mousse, puis séché dans une capsule de porcelaine où il perd d'abord beaucoup et prend une couleur très foncée. Pour s'en servir, on broie pendant longtemps le pourpre sur le marbre avec de l'eau, jusqu'à ce qu'on ait obtenu une liqueur tout à fait homogène, fortement colorée et dense, puis on y ajoute de 2 à 6 parties de fondant, on broie de nouveau, on fait sécher dans une capsule de porcelaine, puis comme les autres couleurs employées dans la peinture sur verre, on l'épaissit avec de l'essence de térébenthine et on applique au pinceau.

Fondant : 8 parties de sable quartzeux, blanc, lavé et calciné, 4 de borax calciné, 1 de salpêtre et 1 de craie blanche ; le tout traité comme au n° 21 (1).

IV. Bleu

A *fondu*. 34. — 3 parties d'oxyde de cobalt qu'on prépare ainsi qu'il suit : On dissout du minerai pur de cobalt grillé dans de l'acide nitrique étendu à une douce chaleur jusqu'à saturation, puis après avoir étendu d'une quantité suffisante d'eau, on précipite par le carbonate de soude et on lave le précipité à l'eau chaude. Quand on fait sécher celui-ci, on le mélange à trois fois son poids de salpêtre pur et sec, on dépose dans un creuset et on enflamme avec un charbon. Lorsque la faible décrépitation qui se manifeste alors a cessé, on porte l'oxyde de cobalt au rouge, on lave et on dessèche. 3 parties de cet oxyde sont alors mêlées avec 2 à 3 parties de fondant composé de 8 parties de sable quartzeux blanc, lavé et calciné ; 4 à 6 de borax calciné ; 1 à 2 de salpêtre et 1 de craie blanche ; on fait fondre pendant une heure et demie dans un feu vif et enfin on triture fin pour l'usage.

35. — Si on ne pouvait se procurer que du minerai brut ou impur de cobalt et qu'on fût forcé de le griller, on prendrait les meilleurs minerais d'Es-

(1) Il est utile de rappeler, relativement au pourpre de Cassius, que Fuchs, de Munich, a donné une méthode très facile pour le préparer en décomposant une solution très étendue d'or dans l'eau régale avec une dissolution corrigée de sesquioxyde d'étain, qu'on obtient en ajoutant à une solution de sel d'étain dans l'eau, le chlorhydrate de fer jusqu'à ce que la liqueur ait perdu sa couleur, et commence faiblement à virer au vert bleuâtre.

pagne et de Suède qu'on pourrait se procurer, et on les essaierait en les dissolvant d'abord dans l'acide nitrique affaibli par 2/3 d'eau. Celui qui donnera la plus belle couleur rouge sera le préférable ; mais pour le débarrasser de l'arsenic qu'il renferme, on le placera sur des charbons, on l'en recouvrira en entier, on enflammera et on soutiendra le feu jusqu'à ce que l'arsenic s'attache en cristaux blancs aux briques ou parois du fourneau et que le cobalt ait pris un aspect et un éclat plus métalliques. Ce travail, à cause de l'insalubrité des vapeurs arsenicales, exige beaucoup d'attention, et lorsque le local n'est pas favorable, il vaut beaucoup mieux l'entreprendre en plein air.

36. — On prépare un autre fondu bleu avec 1 partie d'oxyde de cobalt et 4 parties de verre de borax, fondus à un feu vif pendant quatre heures. La fusion difficile du cobalt exige que ce fondu, lorsqu'on veut s'en servir, soit encore trituré avec 2 parties d'un fondant qui consiste en 1 partie de cristal de roche, et 1 partie de verre de borax fondus ensemble, plongés dans l'eau froide, concassés frais, finement triturés.

37. — Pour le bleu foncé, on mélange 4 parties de l'azur commun OC avec 2 1/2 parties de minium dans un mortier de porcelaine, de la manière la plus intime, puis on expose le mélange dans un creuset compact au feu le plus violent jusqu'à ce qu'on puisse le tirer en fils de verre parfaitement purs et du plus beau bleu d'azur; alors on enlève avec un crochet la masse du creuset, on la jette dans un plat rempli d'eau froide, et lorsqu'elle est refroidie et sèche, on la pulvérise très fin pour l'usage. La pro-

portion du minium doit au reste se déterminer suivant le degré variable et plus ou moins élevé des azurs qu'on rencontre dans le commerce.

38. — Ou bien on traite 1 partie de peroxyde noir de cobalt avec 6 parties de verre blanc pulvérisé, 2 parties de minium et 2 parties de salpêtre, ainsi qu'il vient d'être dit.

39. — Ou bien on prend 1 partie d'azur commun, qu'on fond avec 3 parties de verre de borax, on pulvérise, on mélange à 2 parties de fondant, et on triture comme au n° 36.

40. — On prépare un bleu plus clair avec parties égales d'azur, de verre blanc pulvérisé finement dans un mortier poli de fer ou de porcelaine et passé au tamis, et de minium. Le mélange et la fonte comme au n° 37.

41. — Ou bien 2 parties de safre, 8 parties de verre blanc en poudre fine, 6 parties de salpêtre et 6 parties de minium, mélangés, fondus et triturés comme précédemment.

B. *Couleur*. 42. — On prend du cobalt grillé qu'on dissout dans de l'acide nitrique étendu de 2/3 d'eau, on abandonne pendant trois jours au repos en plaçant seulement de temps à autre sur des cendres chaudes. Peu à peu la solution s'éclaircit et passe au rouge, et lorsque cette couleur a acquis la plus grande intensité, on la décante avec une extrême précaution, afin de ne pas entrainer la moindre particule du dépôt qui s'est formé. On arrose ce dernier à plusieurs reprises avec de l'eau aiguisée d'acide nitrique, afin d'en extraire toute la couleur rouge qu'il pourrait contenir, puis on verse les dissolutions réunies dans une capsule de porcelaine ; à 6

parties de cette solution rouge, on mêle 2 parties de sel marin le plus blanc et purifié, et lorsque ce dernier est dissous on décante, pour en séparer le dépôt, dans une capsule de porcelaine qu'on place sur des cendres chaudes; dans l'intervalle de quelques heures il se forme des dépôts successifs par suite de l'évaporation et on décante chaque fois la liqueur avec soin, puis lorsqu'elle commence à devenir épaisse, on l'agite soigneusement avec une baguette de verre, jusqu'à ce qu'elle se transforme en un sel grenu de la plus belle couleur bleue. On laisse ce sel une ou deux heures sur les cendres chaudes, puis on l'expose à l'air libre jusqu'à ce qu'au bout de quelques jours il soit devenu cramoisi; on le reporte alors sur les cendres où il redevient bleu, puis à l'air où il repasse au rouge, en répétant ces opérations alternatives jusqu'à ce qu'on n'observe plus dans le sel chauffé la moindre vapeur nitreuse; on le soumet alors à l'épreuve en en plaçant un peu dans un petit verre où on le recouvre de quelques millimètres d'eau; au bout d'une demi-heure il doit être devenu rouge, sans communiquer sa couleur à l'eau. Lorsque cette épreuve a réussi, on lave le sel avec soin, on fait sécher cette couleur qui est alors d'un beau rouge, sur de la cendre chaude, puis on la porte sur des charbons incandescents, où elle se transforme dans le plus beau bleu fixe: 1 partie de ce bleu est, dans la pratique, mélangée à 2 1/2 parties de fondant.

Fondant : 1 partie de cristal de roche et 1 partie de verre de borax bien fondu concassés ensemble, fondus, jetés dans l'eau, pulvérisés dans un mortier de fer, et enfin triturés sur la glace.

V. Jaune

A. *Fondu.* 43. — On obtient un fondu jaune jonquille en fondant ensemble : 1 partie d'acide antimonique, 2 parties d'une calcine composée de parties égales d'étain et de plomb, 1 partie de carbonate de soude et 24 parties d'un fondant consistant en 1 partie de sable quartzeux blanc, lavé et calciné, et 2 parties de minium.

44. — On prépare un fondu jaune citron en mêlant et fondant 2 parties de sable et 6 de litharge, versant la masse fondue dans un mortier de fer, pulvérisant, puis triturant avec 1 partie d'oxyde d'argent et 1/8 partie d'antimoine, et fondant à un feu violent, dans un creuset de Hesse, enfin coulant dans l'eau froide et triturant.

B. *Couleur.* 45. — On mélange pour la couleur jaune, de l'antimoine en poudre fine à 1 1/2 fois son poids de salpêtre, on fait décrépiter dans un creuset à la chaleur rouge, on maintient la masse en fusion pendant un quart d'heure, on pulvérise et triture après le refroidissement, et on lave à l'eau chaude. La poudre blanche qui reste consiste en acide antimonique et en antimoniate de potasse ; mélangée avec son poids et même le double de son poids de minium, cette poudre est chauffée modérément pendant un quart d'heure dans un creuset, puis mêlée pour l'usage à parties égales de fondant.

Fondant : 1 partie de sable quartzeux blanc, lavé et calciné, et 3 parties de minium mêlés et triturés ensemble, puis fondus comme au nº 21.

46. — Ou bien on prend du minerai d'urane, on le pulvérise et le calcine, puis le dissout dans l'acide

·itrique ; on filtre la dissolution et on précipite la ·etite quantité de plomb qu'elle renferme en versant ·outte à goutte un peu d'acide sulfurique. La solu- ion verte limpide est évaporée à siccité et calcinée, jusqu'à ce qu'elle se transforme en une masse saline ·aunâtre. On triture 1 partie de la préparation ainsi ·btenue avec 3 parties de fondant.

Fondant : 4 parties de minium et 1 partie de ·ierre à fusil en poudre fondus ensemble et tri- turés.

47. — On bien on découpe 1 partie d'argent pur et fin réduit en feuilles minces ou en bandelettes et on réduit en poudre 1 partie d'antimoine cru et 1 partie de soufre ; on garnit avec ces deux dernières subs- tances le fond d'un creuset, et on dépose dessus une couche de feuilles d'argent découpées, en continuant ainsi jusqu'à ce que le creuset soit chargé. Cela fait, on place ce creuset sur des charbons incandescents et on le recouvre avec du charbon frais. Aussitôt que le soufre commence à brûler, la masse est en fu- sion ; on coule alors dans l'eau pure, on sèche, on ajoute 3 parties d'ocre calcinée, au brun, puis on triture finement. Cette couleur se dépose, sans addi- tion de fondant et sans gomme, à l'épaisseur d'une lame de couteau sur la face inférieure du verre ; on enlève à la brosse ce qui reste après la cuisson.

48. — Ou bien on prépare un jaune plus clair, en procédant comme pour le numéro précédent, avec cette différence qu'au lieu de 3 parties d'ocre on n'en prend qu'une seule. Cette couleur jaune n'est pas épuisée après un feu sur le verre ; celle qu'on enlève à la brosse peut très bien servir encore à pro- duire de très beaux tons.

49. — On obtient le beau jaune des anciens de la manière que voici : On fond ensemble 2 parties de bon sulfure d'antimoine avec 1 partie d'argent suffisamment exempt de cuivre ; on agite soigneusement le mélange, puis on le verse dans un mortier en métal où on le pulvérise après le refroidissement, puis on conserve dans un vase en verre bouché cet argent antimonié sulfuré. On prend 1 partie de cet argent et on le broie au plus haut degré possible de finesse sur une planche de cuivre et on le mélange à 4, 5 et jusqu'à 7 parties d'ocre jaune, calcinée deux fois et éteinte dans l'eau, suivant qu'on veut obtenir des tons plus ou moins clairs ou foncés. On charge sur le verre comme au nº 47.

50. — Ou bien on pulvérise ensemble à l'eau du chlorure d'argent avec trois fois autant d'argile ferrifère cuite, par exemple celle qui sert pour les fours, et qu'on a préalablement pulvérisée et passée au tamis. On charge comme au nº 47.

51. — Ou bien on triture très finement 1 partie de chlorure d'argent, 1 partie de verre d'antimoine et 1 partie d'ocre calcinée et on procède comme précédemment.

52. — Pour préparer la couleur orange, on dissout de l'argent fin dans de l'acide nitrique pur et on le précipite de sa dissolution en suspendant dans celle-ci une lame décapée d'étain ou de cuivre. On recueille les écailles ou lamelles qui se forment ainsi, on lave à 1 ou 2 parties de la couleur rouge nº 27, et charge comme il est dit ci-dessus.

53. — Ou bien 1 partie de l'argent en poudre qu'on obtient par la précipitation d'une solution nitrique d'argent au moyen d'une lame de cuivre, et

qu'on a lavé à l'eau chaude et trituré avec 1 partie d'oxyde rouge et 1 partie d'oxyde jaune de fer, et chargé comme au n° 47.

VI. Vert

A. *Fondu.* 54. — 1 partie de carbonate vert de cuivre, obtenu avec une solution de cuivre dans l'acide nitrique, qu'on précipite par le carbonate de soude, est lavé avec soin, séché et mélangé de la manière la plus intime dans un mortier de porcelaine, à 4 parties de verre blanc pulvérisé et 2 parties de minium; on expose alors dans un creuset compact au feu de fusion le plus vif jusqu'à ce que les fils de verre qu'on en tire soient parfaitement limpides ; on enlève du creuset avec un crochet, on jette dans l'eau, on sèche, on pulvérise.

55. — Ou bien on fond 4 parties d'oxyde de cuivre, 1 partie d'acide antimonique ou d'antimoniate de potasse avec 6 parties de fondant composé de 6 de sable, 4 d'oxyde jaune de plomb, 1 de verre de borax et 1 de salpêtre. On triture.

56. — Ou bien 1 partie d'un précipité de cuivre qu'on obtient en dissolvant dans huit fois son poids d'eau bouillante du vitriol bleu, et en introduisant dans la liqueur une lame bien décapée de fer. Au bout de vingt-quatre heures ce précipité est lavé à l'eau bouillante, séché et mélangé à 4 parties de verre blanc en poudre et 2 parties de minium. On traite comme au n° 54.

57. — Ou bien 1 partie d'oxyde de cuivre, 10 parties d'antimoniate de potasse, avec 38 parties d'un fondant composé de 1 partie de sable et 3 parties de minium. On fait fondre.

58. — Ou bien 1 partie de borate de cuivre, qu'on obtient en dissolvant dans l'eau du sulfate de cuivre bien pur, précipitant avec une solution de borate de soude, lavant, séchant, et 3 parties de poudre de verre blanc et 1 de minium. On traite le mélange comme au n° 54.

B. *Couleur*. 59. — On fait dissoudre 3 parties d'oxyde de cobalt pur dans de l'acide sulfurique, et 2 parties de copeaux d'étain dans l'acide chlorhydrique ; ces deux solutions sont alors versées dans un verre et précipitées par du carbonate de potasse. Le précipité recueilli sur un filtre est lavé et séché, introduit dans un creuset de porcelaine dans le moufle du fourneau et maintenu pendant huit heures environ à une chaleur jaune paille en agitant fréquemment. Après le refroidissement on ajoute pour 1 partie de cette couleur verte 4 parties de fondant.

Fondant : 1 partie de sable, 2 de litharge et 1/4 de verre de borax.

60. — Ou bien on triture ensemble parties égales de chromate de potasse et de soufre, et on fond dans un creuset couvert. Aussitôt que la masse est en fusion tranquille, on la coule et on la débarrasse par des lavages soignés à l'eau bouillante du foie de soufre qui aurait pu se former ; l'oxyde reste alors avec sa belle couleur verte ; on le recueille sur un filtre, on le sèche, on le triture finement, et avant de s'en servir on y ajoute pour 1 partie 3 parties de fondant.

Fondant : 4 parties de minium et 1 partie de pierre à fusil en poudre, réduits par la fusion en un verre parfaitement translucide, puis pulvérisé.

61. — Ou bien 1 partie de chromate de potasse

trituré avec 3 parties de poudre de quartz, chargé sur le verre et passé au moufle.

62. — Ou bien 1 partie de peroxyde de manganèse et 2 parties d'azur, mélangés intimement et passés au tamis de soie.

63. — Ou bien 2 parties d'oxyde pur de cobalt, trituré finement avec 1 partie de fondant.

Fondant : 4 parties de sable blanc et 8 de litharge.

NOTA. — Les numéros 62 et 63 servent pour les verts intenses.

VII. Violet

A. *Fondu.* 64. — On mélange 1 partie du meilleur peroxyde de manganèse calciné dans un pot de terre avec partie égale de salpêtre, 6 parties de verre blanc en poudre et 2 parties de minium, et on traite au feu de fusion le plus vif.

65. — Ou bien 1 partie de peroxyde de manganèse calciné, 1 partie de safre, 10 parties de verre blanc en poudre, et 4 parties de minium, traité comme le précédent.

B. *Couleur.* 66. — On mélange du pourpre de Cassius avec différentes proportions de chlorure d'argent après avoir préalablement fondu ce dernier avec dix fois son poids d'un fondant composé avec 3 parties de quartz blanc, lavé et calciné, 3 parties de borax et 1 partie de minium. On ajoute assez de ce fondant au pourpre et on triture la masse. On peut aussi diriger la précipitation du pourpre de Cassius de façon telle qu'il se précipite immédiatement mélangé à du chlorure d'argent. Dans ce but, on verse goutte à goutte dans une grande quantité d'eau [illegible]

agitant continuellement, un peu de dissolution d'étain, puis un peu de nitrate d'argent et puis la solution d'or. Il faut déterminer, par des essais, les proportions relatives des trois dissolutions. Ce précipité est mélangé avec son poids ou à peu près de son fondant.

Fondant : 8 parties de sable, 4 de borax, 1 de salpêtre et 1 de craie blanche qu'on traite comme au n° 21.

67. — Ou bien une partie de pourpre et 3 parties de couleur bleue d'oxyde de cobalt ou d'azur triturés ensemble. Ce mélange donne un très beau violet qu'on peut faire varier de ton suivant la quantité plus ou moins considérable du pourpre, et la couleur plus ou moins foncée du bleu.

68. — Ou bien 1 partie de pourpre et 6 parties de fondant triturés ensemble donnent un violet foncé.

Fondant : 1 partie de sable, 2 de litharge et 1/4 de borax.

69. — Ou bien on mélange du pourpre bien pur aussitôt après qu'il a été précipité et lavé, et sans le sécher, avec un peu de fondant.

Fondant: 1 partie de sable quartzeux blanc, lavé et calciné, et 3 parties de minium, traités comme au n° 21.

VIII. Bruns

A. *Fondu.* 70. — 1 partie de peroxyde de manganèse et 8 parties de fondant consistant en 1 de sable et 3 de litharge, fondus ensemble, coulés et triturés finement.

71. — Ou bien 1 partie de peroxyde de manganèse, 1/4 bleu n° 24, et 8 du fondant précédent, traités de même (1).

(1) Cette formule donne la couleur sépia.

72. — Ou bien 7 parties de jaune doré n° 47, 1 partie d'antimoine et 3 parties d'un fondant composé de 1 partie de sable, 2 de plomb et 1/4 de borax, fondus ensemble, coulés et pulvérisés (1).

B. *Couleur*. 73. — L'oxyde rouge de fer, obtenu par précipitation d'une solution pure de sulfate de fer au moyen du carbonate de potasse et une calcination ultérieure, jusqu'à ce qu'on ait atteint la couleur rouge vif.

Fondant : parties égales de fondant rocaille et d'oxyde de plomb qu'on triture sur la glace avec un peu d'eau gommeuse.

74. — Ou bien 2 parties d'oxyde de fer, 3 de peroxyde de manganèse et 3 de jaune doré du n° 47, fondus doucement, coulés dans l'eau et mélangés après refroidissement à 3 de fondant.

Fondant : 1 partie de sable, 2 de litharge et 1/4 de borax.

75. — Ou bien oxyde rouge de fer (oxyde naturel, sanguine, etc.) avec peroxyde de manganèse et une petite quantité d'argent antimonié sulfuré, ou quelque autre oxyde d'argent. On traite comme au n° 73.

76. — Ou bien le dépôt qui reste quand on a préparé le rouge n° 27, dont on peut charger sans autre préparation.

77. — Enfin 7 parties de jaune doré n° 47, trituré avec 1 de peroxyde de manganèse, sans fondre ni ajouter de fondant.

PRÉPARATION DES COULEURS ET DES FONDANTS

M. Stegers a complété les formules des recettes précédentes, en indiquant, sous forme de principes

(1) Cette formule donne la couleur brun jaunâtre.

généraux, les moyens les plus convenables pour charger et cuire les couleurs et leurs fondants, ainsi que la manière de les allier ensemble.

1° Il est impossible, soit pour les couleurs, soit pour le fondant, de fixer des rapports absolus de quantités des ingrédients ; ces rapports sont constamment abandonnés aux connaissances pratiques de l'artiste, ou déterminés par un appel qu'il fait à l'expérience ;

2° La même observation est applicable aux rapports de quantité, et même de qualité, entre le fondant et la couleur ;

3° Les matériaux, tant pour la couleur que pour le fondant, doivent être de la meilleure qualité possible, et exempts de toutes matières étrangères, autrement on aurait à craindre des conséquences fâcheuses, soit pour la beauté, soit pour la durée des couleurs vitrifiées ;

4° Quand il s'agit de fondre les couleurs ou les fondants, ou ces deux corps ensemble, cette opération doit s'exécuter dans un creuset épais de Hesse, qu'on protège préalablement contre l'action de la masse fondue, en l'enduisant intérieurement de craie délayée dans l'eau, ou bien on le vitrifie à l'intérieur, pour s'opposer à l'absorption des fondants plombifères. Pour remplir cette dernière condition, on mouille le creuset avec de l'eau, on enduit sa cavité intérieure de verre blanc pilé, et quand il est sec, on l'introduit avec précaution dans le feu où on le chauffe, jusqu'à ce que l'enduit vitreux soit bien fondu et adhérent ;

5° Pour fondre dans les creusets de Hesse, on se sert d'un fourneau à vent ordinaire, surmonté d'un

6° Les [illegible]

fondant qui [illegible]

8° Enfin, on [illegible]
les ingrédients [illegible]
nés à la formation [illegible]
que pour le cas [illegible]
traire ;

9° Le creuset ainsi chargé est, pour opérer dans les règles, maintenu pendant quelque temps dans un feu doux ; on élève ensuite sa température et on fait fondre la masse jusqu'à ce qu'elle devienne très fluide, et que les fils qu'on tire avec une baguette d'acier poli soient purs et translucides. Alors avec une poche, on coule dans l'eau froide, on décante, on fait sécher, on pulvérise et on se sert des produits dans les proportions indiquées par les formules ;

10° Les couleurs obtenues ainsi que leurs fondants, sont soumis à l'essai de la manière qui suit : On place dans le fourneau, sur un tourteau, un creuset d'une grande capacité, puis on y dépose des bandelettes du verre qu'on se propose de peindre et qui sont chargées de toutes les couleurs qu'on devra employer. On les laisse dans ce creuset qu'on porte au rouge vif, jusqu'à ce qu'elles se ramollissent et commencent à s'infléchir, alors on les place pour refroidir, dans le dôme du fourneau ou dans le cendrier et on les examine. Si on observe sur les bords des places enduites où la couleur a eu des dispositions à couler, défaut qui pourrait endommager toute une peinture d'ailleurs bien réussie, attendu que ces couleurs fusibles, placées l'une à côté de l'autre doivent donner des tons bien circonscrits, c'est un signe qu'on a donné à la couleur un excès de fondant et qu'il faut diminuer la dose de celui-ci dans la masse pour voir cesser ce phénomène. Au contraire, si les couleurs après la cuisson ont un aspect mat sans transparence, si elles ont un ton dur et sec, c'est une indication qu'il n'y a pas assez de fondant et qu'il faut en augmenter la dose ;

11° Les différentes dégradations des teintes princi-

pales ainsi que les passages de l'une à l'autre s'obtiennent non seulement par les matières indiquées dans les recettes et par la manière de les combiner, mais aussi, dans un bien grand nombre de cas et avec beaucoup plus de variété, au moyen de certaines manipulations qui seront indiquées plus loin, lorsqu'on traitera du chargement des couleurs.

12° Indépendamment du fondant spécial indiqué dans les recettes pour chaque couleur particulière, il y en a d'autres qui conviennent encore à ces couleurs, ou du moins à celles qui dans leur emploi exigent des changements, dont au reste un praticien habile peut juger aisément, relativement à la composition quantitative qui leur est propre et qui dépend principalement de la fusibilité plus ou moins grande des couleurs. Un de ces fondants par exemple, consiste en 4 parties de minium et 1 partie de silice en poudre : on obtient celle-ci à l'état de pureté, en faisant rougir 3 à 4 fois dans un creuset de la pierre à fusil, qu'on plonge aussitôt après dans de l'eau pure, qu'on pulvérise dans un creuset de porcelaine et qu'on passe au tamis de soie. Cette pierre à fusil doit être absolument exempte de parties calcaires. La poudre ainsi obtenue est mélangée intimement à du minium, le mélange introduit dans un creuset, puis fondu, brassé à plusieurs reprises avec une baguette d'acier poli, jusqu'à ce qu'il se forme un verre jaunâtre parfaitement transparent, que toute la silice soit complètement fondue et vitrifiée et que les fils qu'on tire du creuset comme épreuves aient une pureté, une homogénéité et une translucidité parfaites. Alors on coule dans l'eau, on sèche, on pulvérise, on passe

au tamis de soie et on conserve dans des bouteilles bouchées.

Ou bien on fond à un feu très vif 1 partie de cristal de roche avec 1 partie de verre de borax fondu, puis on traite, quand on aperçoit tous les signes d'une fusion parfaite, de la manière indiquée ci-dessus.

Ou bien, on traite comme il a été dit, 1 partie de verre blanc en poudre et 2 parties de minium.

13° Indépendamment des outils et ustensiles indiqués dans les paragraphes précédents, le peintre sur verre a besoin dans ses manipulations, pour produire ses couleurs et ses fondants, de ceux qui suivent : Des pelles à combustible, des crochets à feu, des pinces à creuset, des crochets de fer poli pour tirer en fil les matières en fusion, des mortiers en fer, en porcelaine, des capsules à couleurs de cette dernière matière ou de verre, de spatules de fer et de bois, et autres objets qu'on peut aisément se procurer. A défaut de fourneau à vent, on peut obtenir de très bons résultats dans un poêle en fonte ordinaire.

14° Tous les ustensiles ou outils qui doivent être immédiatement en contact avec les couleurs ou les fondants, surtout ceux qui servent à les conserver, les mélanger, les fondre, etc., ont besoin d'être de la plus rigoureuse propreté et nettoyés chaque fois qu'on en fait usage, afin de ne pas introduire d'ingrédients étrangers, qui feraient perdre tout le fruit d'un travail long et dispendieux. Il faut en particulier examiner avec la plus scrupuleuse attention les creusets qui ont déjà servi, et dont on se propose de faire encore usage.

II. PROCÉDÉS DE PEINTURE SUR VERRE

Avant de nous occuper du chargement et de la cuisson des couleurs, il importe de jeter un coup d'œil sur les différents procédés employés dans la peinture sur verre, attendu que la nature des couleurs dépend du procédé même qu'on veut employer.

Tantôt on peint sur une feuille de verre blanc, sur lequel le dessin entier est cuit avec toutes ses couleurs vitrifiables principales et ses demi-teintes, c'est ce qu'on nomme *peinture en apprêt*.

Ou bien, on forme le dessin en réunissant avec du plomb, divers morceaux de verre teints en fabrique ou dans la masse ; ces verres donnent seulement les teintes plates du tableau, et on ajoute les contours et les ombres ; c'est la peinture dite *mosaïque*.

Enfin, on combine ces deux procédés, c'est-à-dire que le tableau est formé, en partie de verres teints dans la masse et de verres blancs peints et cuits; c'est la peinture mixte.

Voici maintenant quelques règles particulières à la peinture sur verre en couleurs vitrifiables.

On doit faire choix d'un verre blanc pur, exempt de bulles, dur et capable de résister à un coup de feu sans se fondre; autrement l'artiste perdrait tout le fruit de ses efforts s'il voulait cuire ses couleurs sur un fond d'une fusibilité aussi grande, ou seulement un peu moins fusible qu'elles. Néanmoins, on parvient encore, ainsi que les anciennes peintures nous en offrent des exemples, à peindre avec succès sur des verres impurs en apparence et de qualité inférieure, lorsque, comme il a été dit, ils ne renferment pas une trop grande proportion de plomb.

Avant le travail on est dans l'habitude de frotter la feuille de verre qu'on veut peindre avec de la chaux bien pure éteinte à l'air, afin de la nettoyer parfaitement.

Quand on y est parvenu, on donne à la surface de cette feuille, un fond que les uns posent avec un linge très propre ou un pinceau large, qu'ils trempent dans de l'essence de térébenthine et dont ils enduisent bien également toute cette surface, et les autres en y étalant un couche de couleur noire vitrifiable très légère, qui ne s'oppose pas à sa transparence, mais lui donne l'aspect d'un verre mat et sans éclat. Ces deux méthodes sont bonnes ; elles donnent au verre une surface adhésive, qui reçoit mieux le dessin et les couleurs qu'un fond blanc ordinaire ; néanmoins, la seconde a l'avantage de faire mieux ressortir lors du travail du peintre, les effets qu'on se propose d'obtenir. Dans tous les cas, ces deux espèces de fonds doivent être portés sur le verre avec beaucoup de soin et au moyen d'un large pinceau, être garantis le plus possible de la poussière et séchés rapidement.

Les couleurs doivent être préalablement réduites à une ténuité extrême, par un broiement prolongé sur un porphyre, ou dans un moulin de porcelaine biscuit. Pour cela, on les délaie avec suffisante quantité d'eau pure ; ensuite on les fait sécher, pour les conserver dans des flacons bouchés. Au moment de l'emploi, on mêle les couleurs en poudre à des liquides de différente nature, qui ont pour but : 1° de donner aux couleurs assez de gras et de liant pour qu'elles ne coulent pas sur le verre ; 2° de les faire adhérer suffisamment, quand elles sont sèches, en attendant

qu'elles soient fixées par la cuisson ; 3° de s'approprier à l'application des différentes espèces de pinceaux que l'on met en usage pour la peinture sur verre, et dont il va bientôt être question. Ces liquides sont ordinairement de l'eau, de l'essence de térébenthine, de l'essence de lavande, rendues moins fluides par les substances qui doivent fixer les couleurs sur le verre après la dessiccation. A l'eau, c'est du sucre candi, du borax que l'on ajoute ordinairement. Aux essences de térébenthine et de lavande, c'est de l'essence grasse de térébenthine et de lavande. On appelle essence grasse, une essence altérée et épaissie par l'action prolongée de l'air. Parmi les préparations qui, dans le commerce, portent ce nom, il faut distinguer celles qui sont véritablement des essences épaissies à l'air, de celles qui sont le résidu de la distillation des essences de térébenthine et de lavande ordinaires. Les dernières sont d'un emploi beaucoup moins avantageux. Autant vaudrait se servir tout simplement de la térébenthine elle-même ou d'un vernis quelconque. Mais nous verrons plus tard pourquoi ces liquides doivent être rejetés.

On prépare les essences grasses en mettant des essences ordinaires dans un vase de verre à large ouverture, que l'on recouvre d'un tissu facilement perméable à l'air et que l'on expose à l'air et à la lumière. On agite de temps en temps. Elle est convenablement épaissie quand elle a la consistance d'un sirop épais.

Les couleurs à l'eau et celles à l'essence ont chacune leur utilité. On les emploie souvent alternativement dans une même peinture.

Les instruments qui servent à transporter les cou-

leurs sur le verre, sont des pinceaux de plusieurs sortes :

1° Les pinceaux de martre, pinceaux effilés qui servent ordinaîrement à l'aquarelle ;

2° Les putois, qui, au lieu d'être effilés, sont abruptement coupés par le bout, de manière à présenter une surface plane, perpendiculaire à la longueur ;

3° Les blaireaux plats, pinceaux larges et aplatis pour étaler les couleurs ;

3° Les queues de morue en soies de cochon douces, de la même forme que les précédents ;

5° Les brosses dures, en forme de petits putois, faites en soies de cochon ;

6° Les brosses en soie de cochon, usitées pour la peinture à l'huile.

Veut-on appliquer sur le verre une couche égale de peinture ? Si l'espace qu'on veut couvrir est étroit, on prend un pinceau de martre ; s'il est étendu, on prend une queue de morue, ou un blaireau plat. Au moyen de ces instruments, on transporte la couleur sur le verre, et on l'étale en balayant, sur toute la surface, d'abord dans un sens, puis dans un autre opposé, jusqu'à ce que la couche soit égale. Cet à-plat conserve ordinairement des sillons que laissent après eux les poils des pinceaux. On les fait disparaître, si on le juge utile, par l'action du putois, ou mieux au moyen du blaireau plat.

Le putois, avons-nous dit, offre par le bout une surface plane ; on le fait agir en heurtant le verre par le bout des poils, et non en le faisant glisser, comme les autres pinceaux. Ce mouvement adroitement exécuté, et suffisamment continué, efface les

Pour les [illegible]

analogue, et [illegible]

grasse, et l'eau, à l'essence de térébenthine. Ce mode de procéder a pour but de déterminer facilement la proportion convenable de sucre ou d'essence grasse. Pour les couleurs au borax, et même à l'essence de térébenthine pure, on se borne à mettre assez de liquide pour faire une bouillie épaisse. En général les émaux doivent être peu humectés.

Il n'est pas indifférent d'employer une couleur à l'eau ou à l'essence, et l'essence de térébenthine, ou celle de lavande. Les couleurs à l'eau sont en général plus fluides que celles à l'essence, toutes choses égales d'ailleurs. Elles ont moins de liant, et par conséquent s'étendent moins bien sous le pinceau. Dans les *à-plats* d'une certaine étendue, les couleurs à l'essence sont plus susceptibles de former une couche unie. Les stries et sillons que laisse la queue de morue s'effacent mieux sous le blaireau plat. Le putoiser des couleurs à l'essence donne aussi un résultat plus satisfaisant. On préfèrera donc celles-ci dans tous les cas analogues à ceux que nous venons d'énoncer.

Si l'on compare l'essence de lavande à celle de térébenthine, on remarque que la seconde est plus siccative que la première. C'est pourquoi on fait usage de celle-ci toutes les fois qu'on a besoin d'un liquide qui sèche lentement. On ne l'emploie pas seule dans la préparation des couleurs ; on en ajoute à l'essence de térébenthine autant qu'il est nécessaire pour rendre la dessiccation convenablement lente. On a principalement recours à ce moyen dans le travail du putois, qui s'exécute toujours avec lenteur. L'essence de lavande est d'une utilité éminente dans le cas dont il s'agit. Pour les couleurs à l'eau, on ne

saurait remplacer avantageusement le sucre par d'autres substances adhésives, telles que la gomme, etc. ; le sucre a l'avantage d'être plus souple et moins susceptible de s'écailler.

On considère dans la peinture sur verre, deux modes d'exécution essentiellement différents. Celui qui fut le plus anciennement pratiqué, le mode gothique. consiste à ne faire usage d'aucun émail propre à colorer le verre, et seulement à dessiner les contours et les ombres d'un sujet avec un émail brun, opaque, sur du verre teint dans la masse. Cette sorte de peinture, ou plutôt de dessin, malgré sa simplicité, est susceptible des plus beaux effets que puisse produire la décoràtion des vitraux. Nous lui devons les belles verrières gothiques qui ornent nos vieilles églises. Il est aussi le plus facile à exécuter. Il suffit pour cela, en effet, d'avoir l'usage du dessin. Il n'est besoin d'ailleurs que d'un seul émail d'une préparation facile, et dont l'application n'offre pas de grandes difficultés.

Le second mode de peinture, que nous appelons mode de la renaissance, tout en admettant, comme le précédent, l'emploi du verre coloré au moment de sa fabrication, exige l'application de nombreux émaux, au moyen desquels l'artiste exécute sur le verre, une véritable peinture comparable, pour les effets, à la peinture à l'huile. Il est donc obligé d'avoir une palette de couleurs vitrifiables qui lui offre autant de ressources, pour ainsi dire, que celles de la peinture à l'huile. La pratique de ce mode de peinture est difficile, et exige une étude spéciale.

La peinture sur verre, en général, présente de nombreuses difficultés matérielles résultant de la

ture des couleurs, et du verre lui-même, soit pour pplication mécanique des émaux, soit pour la réaation des résultats qu'on se propose d'obtenir. Nous crirons les artifices auxquels on est obligé d'avoir :ours dans les différents cas.

La surface lisse et polie du verre est peu favorable 'application des couleurs. Lorsqu'il s'agit d'étaler e teinte, très souvent un second coup de pinceau lève ce que le premier avait déposé. De là impossiilité de mettre de l'hésitation dans le travail. Cette ficulté a conduit quelques artistes à ne peindre que r du verre dépoli avec le grès ou l'émeri.

Mais le plus grand obstacle pour le peintre résulte la nature du véhicule qui permet difficilement de perposer plusieurs couches de couleurs rendues hérentes par les mêmes substances, même après la ssiccation de celles-ci. La matière fixative d'une :mière application, ayant conservé sa solubilité, susceptible d'être délayée et enlevée par les ap:ations consécutives. On a eu l'heureuse idée, dans cas, de changer le véhicule à chaque nouvelle iche de couleur superposée à une autre. Ainsi on nt à l'eau, sur une couleur à l'essence ; et réciquement à l'essence, sur une couleur à l'eau. Les tières fixatives de l'une étant insolubles dans le iide de l'autre, on ne court pas le risque d'enlever qu'un premier travail a produit.

Cependant, l'incommodité qui résulte de l'emploi couleurs différemment préparées, a fait chercher noyen de peindre avec un même véhicule. On y arrivé, en mettant à profit l'observation suivante : couleur à l'essence, épaissie avec l'essence grasse la térébenthine de Venise, conserve sa solubilité

dans le même liquide, lorsqu'on la fait sécher à l'air libre ; mais si les pièces peintes sont exposées à une température modérée, dans une étuve, cette couleur cesse d'être facilement délayée, supporte très bien le frottement du pinceau, et les nouvelles applications se font sans difficulté.

Lorsqu'on suit le procédé que nous venons de décrire, le besoin de mettre des intermittences dans le travail pour exposer les pièces à l'étuve, a semblé à quelques artistes un inconvénient assez grave pour qu'ils aient tenté de se soustraire encore à cette nécessité. Ils sont parvenus enfin à peindre sur le verre, à l'eau ou à l'essence, comme on peint sur la toile, sans qu'il soit même nécessaire de faire sécher le premier travail. Nous nous empressons de déclarer que c'est plus à leur adresse et à leur habileté qu'au procédé lui-même, qu'ils doivent cet inappréciable avantage. Pour analyser leur manière de faire, supposons une peinture à l'eau. Pour commencer, l'artiste, en délayant sa couleur, y introduit aussi peu de sucre qu'il est nécessaire pour la faire adhérer. Celle-ci appliquée, il revient sur la première couche, avec des couleurs progressivement plus chargées de sucre, sans être pour cela beaucoup plus épaisses. La densité croissante du véhicule empêche son action dissolvante sur la couleur primitivement appliquée.

Cette manœuvre, adroitement exécutée, permet de peindre en *empâtant*, pour nous servir de l'expression consacrée. Mais, nous le répétons, il n'y a qu'une longue expérience et une adresse consommée qui donnent la faculté d'user utilement de ce moyen.

Pour l'exécution du mode gothique partic-

ment, on emploie souvent un procédé aussi simple qu'ingénieux, qui permet à l'artiste de conduire son travail avec la plus grande sécurité. On le nomme peinture par enlevage. Il consiste à faire le trait du dessin avec une couleur à l'essence, et à recouvrir tout le sujet d'une couche de couleur à l'eau, susceptible d'être enlevée avec un pinceau dur, lorsqu'elle est complètement sèche. Au moyen de ce dernier, on enlève, par un frottement adroit, différentes épaisseurs de couleur, suivant qu'on veut obtenir des ombres, des demi-teintes ou des clairs. Le verre mis à nu par l'enlèvement total de la couleur, donne les clairs ; les parties que le pinceau a respectées, forment les ombres ; et les demi-teintes résultent de l'incomplet enlèvement de la couche appliquée. C'est ainsi qu'on fait le modelé du tableau ; ensuite, après une première cuisson, on fait les retouches et les repiqués, avec une couleur au sucre ou à l'essence grasse.

La couleur propre aux enlevages, est un émail auquel on ajoute un peu de borax, et que l'on broie avec suffisante quantité d'eau pour en faire une bouillie épaisse : on l'étend sur le verre à l'aide d'une queue de morue, et on égalise la couche avec un blaireau plat que l'on promène légèrement dessus. La petite quantité de borax qu'on y fait entrer, fait adhérer suffisamment la couleur, pour permettre l'action de la brosse dure pour les enlevages.

La plupart des émaux colorés par combinaison se prêtent bien à l'emploi de ce procédé. Mais, parmi ceux dans lesquels la matière colorante est libre dans le fondant, il en est dont la matière colorante est attaquée par le borax, de manière à produire un

composé qui donne à la couleur appliquée trop de résistance au pinceau gratteur. Parmi eux, nous citerons le jaune d'ocre, et tous ceux qui renferment de l'oxyde de zinc en mélange. Mais, on prévient sûrement cet inconvénient en frittant ces sortes d'émaux avant de les broyer pour y mêler le borax.

Fritter un émail, c'est le chauffer jusqu'à ce qu'il s'agglutine et forme une masse pâteuse par un commencement de fusion.

La peinture par enlevage emploie rarement les émaux colorés par combinaison. Destinée à ne produire qu'un simple modelé sur un fond préalablement coloré, elle n'a besoin le plus souvent que d'un émail coloré par mélange, qui ait de l'opacité. Celui qui est le mieux approprié à cet usage, est formé de fondant rocaille et d'oxyde de fer brun ou violet, dans les proportions ordinaires, avec une addition de borax calciné en quantité égale au huitième du poids du fondant. Les rapports du borax et du fondant sont calculés de manière à réaliser la composition d'un fondant des émaux de première classe.

Le procédé que nous venons de décrire est susceptible d'une modification importante, quant à la préparation de la couleur propre aux enlevages. A la place de l'eau boracée, comme véhicule de l'émail, on emploie simplement l'essence de térébenthine du commerce. Dans ce cas, on fait d'abord son dessin à la plume, avec une couleur à l'eau, et on applique par dessus une couche de la couleur à l'essence. Cette modification se fonde sur la propriété que possède l'essence de térébenthine de donner une fixité suffisante pour le travail du pinceau d'enlevage. L'es-

sence doit cette propriété à la petite quantité de résine qu'elle renferme, car cet effet cesse d'avoir lieu quand elle a été purifiée par une nouvelle distillation. On voit que ce n'est qu'une contre-partie de la méthode précédente. Quelques précautions doivent être prises pour arriver à un bon résultat. Il faut que la couleur à l'eau soit convenablement sucrée, pour que celle à l'essence ne puisse pas la détremper. En outre, la couleur à l'essence, une fois appliquée, doit être suffisamment chauffée à l'étuve pour acquérir la fixité désirable. On doit aussi éviter d'introduire plusieurs fois de l'essence dans une même couleur, de peur d'augmenter la proportion de résine qui rendrait l'émail trop adhérent, et trop rebelle aux enlevages.

Il est des circonstances où cette méthode prend un peu de complication : ce sont les cas où il s'agit de peindre sur du verre non coloré. Pour faire une tête, par exemple, les contours étant dessinés, on applique une teinte fixe qui doit servir à colorer les lumières, et sur celle-ci, une couche propre aux enlevages, devant former les ombres et les demi-teintes. Ainsi, sur le trait dessiné à l'eau, la première couche devra être à l'essence épaissie, et la seconde au borax ; ou bien, le trait étant à l'essence grasse, la première couche sera à l'eau sucrée, et la seconde à l'essence pure, conformément à ce que nous avons dit ci-dessus.

La peinture par enlevage est à la fois simple et expéditive. Elle convient beaucoup à l'ornementation, surtout pour exécuter cette sorte de dessins qui s'enlèvent en clair sur un fond de couleur sombre, pour imiter les broderies des vêtements. Dans ce

cas, les enlevages se pratiquent d'une autre manière. Le dessin devant être pur et correct, on substitue aux pinceaux durs des grattoirs en bois de différentes formes. La couleur sur laquelle on opère n'a rien de spécial : c'est un émail quelconque broyé à l'essence épaissie.

Enfin, la peinture sur verre autorise tous les artifices possibles dans le but de diminuer les difficultés ou d'arriver à des résultats qu'on n'obtiendrait pas autrement. Par exemple, on peint quelquefois des deux côtés du verre, pour se soustraire aux inconvénients de la superposition des couleurs. On agit de même dans l'emploi du jaune d'argent, parce que les substances qui le produisent ne peuvent être mises en rapport direct avec les émaux colorants. C'est ainsi qu'on obtient une coloration verte en développant une teinte jaune au revers d'un verre bleu, peint de l'autre côté. On suit la même marche pour donner aux bruns-rouges de fer un éclat et une fraîcheur remarquables, en colorant en jaune le côté opposé.

Quel que soit le procédé que l'on suive, l'emploi des couleurs doit encore se faire dans certaines conditions. Il faut s'attacher à faire le moins possible de mélanges. A la température où ils sont portés dans la cuisson, les émaux tendent à se détruire mutuellement, pour former des combinaisons nouvelles. En évitant de les mélanger, on obtient des couleurs plus pures, moins fugaces, et d'un succès plus assuré. Au lieu de les mêler, il est préférable de les couvrir l'un par l'autre. Ainsi, pour produire un effet semblable à celui qui résulterait du jaune d'ocre et du rouge de fer, on applique d'abord le jaune, et l'on glace avec le rouge.

Il importe aussi beaucoup de n'appliquer les émaux qu'en couches aussi minces que possible. Il y a plusieurs raisons à l'appui de cette prescription. D'abord quand les couleurs sont appliquées en grande épaisseur, les substances adhésives qui s'y trouvent forment une masse qui conserve moins de souplesse et de flexibilité. Les mouvements de dilatation que subit le verre dans les changements de température, n'étant pas partagés par la peinture, finissent par vaincre l'adhésion des couleurs et les détacher de la surface du verre. C'est ce qui a lieu surtout lorsque des couches alternatives de couleur à l'eau et à l'essence sont superposées l'une à l'autre, car l'hétérogénéité des substances qui les fixent favorise encore ce résultat. Il suffit quelquefois de la simple dessiccation pour produire cet accident par l'inégalité de contraction de ces matières.

D'autre part, en séchant sur le verre, les couleurs à l'eau perdent leur eau, mais conservent le sucre qu'elles renferment; celles à l'essence abandonnent la partie volatile de ce liquide, tandis que l'essence grasse qui s'y trouve, ayant perdu la faculté de se réduire en vapeur, reste sur le verre. Il résulte de cela, qu'à la cuisson, ces substances entrent en combustion et laissent une certaine quantité de carbone interposé dans les émaux. Ce corps réagit sur certains composés, tels que les oxydes de fer et de plomb, qu'il noircit en leur enlevant de l'oxygène; et cela d'autant mieux que le carbone protégé par l'épaisseur de la couleur résiste plus longtemps à la combustion. Cette circonstance est au moins très importante à observer pour la coloration des chairs. Le dernier accident que nous venons de signaler

n'aurait pas lieu, si l'on employait toujours comme matière adhésive une substance solide, parfaitement volatile à une certaine température, comme le camphre, ou qui ne contînt pas de carbone, comme le borax. Mais la première est encore à trouver, et la seconde ne serait pas toujours d'un usage commode. Néanmoins il résulte de ce que nous venons d'exposer, que parmi les substances capables de faire adhérer la peinture sur verre, on doit préférer celles dont la combustion laisse le moins de carbone et qui, en même temps, conservent une certaine ductilité qui prévienne l'accident des gerçures et du *grippage*. Peut-être, sous ces deux rapports, ferait-on bon usage de la cire, dont une partie se volatilise par la chaleur, et qui, d'ailleurs, jouit d'une grande flexibilité. Il ne faudrait pour cela, que la dissoudre dans l'essence de térébenthine.

Il serait puéril de décrire les diverses pratiques purement artistiques qui trouvent ici leur application : c'est pourquoi nous nous en tiendrons aux spécialités. La peinture sur verre s'exécute toujours d'après des tableaux peints à l'huile ou des dessins originaux composés exprès, et que l'on nomme *cartons*. On lève sur le modèle, au moyen de papier transparent, un calque qui sert à reproduire le dessin sur le verre. Pour cela, on applique ce dernier sur le calque étalé sur une table. Sa translucidité permet ainsi de suivre aisément les contours et les ombres du modèle ; mais si le verre est fortement coloré, et qu'il manque de transparence, on est obligé d'avoir recours au poncif : c'est une sorte de calque dont le dessin est mis à jour par de nombreux trous d'épingles, rapprochés les uns des autres. Au

moyen d'un sachet de poudre de charbon que l'on agite en heurtant le papier disposé sur le verre, on obtient un tracé du dessin, suffisamment indiqué. Il est utile, pour commencer, de dessiner son sujet à l'encre de Chine. La raison en est qu'on peut le corriger et le modifier comme on le juge à propos, afin de peindre ensuite avec plus de sécurité. En effet, les corrections faites après l'application des émaux, apportent toujours de l'inégalité et de l'imperfection dans le travail : ajoutez à cela qu'elles sont alors beaucoup plus difficiles. Du reste, pour peindre sur verre, on prend les mêmes dispositions que pour peindre sur toile. On se sert du chevalet aussi bien que de l'appuie-main. Le chevalet est d'une structure spéciale que nous décrirons plus loin. Les pièces qu'on y place doivent être consolidées avec une cire ductile et adhésive, préparée pour cet usage. En outre, pour mettre à profit la transparence du verre, le peintre place son tableau entre lui et la lumière directe. Il peut ainsi tout d'abord juger de l'effet de son travail.

Lorsqu'on veut dessiner au trait sur le verre, avec un émail, on emploie le pinceau ou la plume d'oie. La couleur qui convient à l'usage de la plume est celle préparée à l'eau. La couleur à l'essence que l'on préfère pour les *à-plats*, parce qu'elle s'étend plus également au pinceau, ne se prête pas si bien à l'emploi de la plume, et ne prend pas si facilement sur le verre ; on en fait cependant un fréquent usage. Beaucoup de sucre rend le dessin plus facile. Il est néanmoins nécessaire d'en déterminer les doses. 30 centigrammes de sucre pour 4 grammes de couleur, suffiraient pour la faire adhérer assez

fortement ; mais l'emploi de la plume exige au moins 40 centigrammes. Avec 60 centigrammes, le dessin sera susceptible de s'écailler. Il est une précaution très avantageuse à prendre lorsqu'on veut dessiner à la plume sur le verre, c'est de le laver préalablement avec de l'essence de térébenthine. Le dessin à l'encre se fait aussi avec plus de facilité, si l'on emploie ce moyen.

Le peintre sur verre, chargé d'exécuter un vitrail d'une grande étendue, doit s'attacher d'abord à le diviser en panneaux plus ou moins nombreux, qui seront circonscrits par des barres de fer convenablement disposées et combinées, pour que toutes les parties jouissent d'une égale solidité. Il détermine d'abord la direction qu'il convient de donner aux fers et aux plombs qui doivent lier les différentes parties du tableau. Les considérations qui le dirigent consistent à leur faire suivre, autant que possible, les contours ; à les dissimuler dans les ombres de manière à ne pas nuire aux effets du tableau. Il ne doit pas craindre de leur donner une épaisseur convenable, et de les multiplier autant qu'il est nécessaire, pour leur plus grande solidité. Cette condition est de la plus grande importance pour la durée et la conservation d'une œuvre d'art toujours exposée à la violence des vents. C'est une nécessité qui asservit l'auteur du modèle lui-même dans sa composition. Il doit faire en sorte que l'exécution de la peinture n'exige pas de pièces de verre trop étendues pour être solidement fixées par les fers et les plombs.

PEINTURE EN APPRÊT

La peinture en apprêt n'exige qu'un seul carton dont on peut faire usage de deux manières différentes.

Dans la première, on place le vitrail sur lequel on a étendu le fond et qu'on a bien fait sécher, sur le carton et on calque les contours et les traits avec un petit pinceau chargé de couleur rouge, ou toute autre couleur vitrifiable pour fond, aussi légèrement et délicatement que possible. Dans la seconde, au contraire, le carton est posé sur le carreau, et on suit tous les contours du dessin avec une pointe d'acier ou d'ivoire. Dans ce cas le carreau est enduit d'essence de térébenthine, et le revers du carton frotté préalablement avec de la mine de plomb en poudre fine, afin que les traits soient imprimés en noir sur la surface blanche du verre. Quel que soit celui de ces procédés qu'on adopte, il convient pour la commodité de l'artiste, que ce carton soit retenu et fixé sur le verre, au moyen d'un peu de cire aux quatre coins.

Dans les travaux subséquents, c'est-à-dire dans ceux pour charger et peindre en couleurs appropriées au modèle, on se sert d'un pupitre qu'on peut, par des dispositions convenables, incliner d'un côté ou d'un autre, et qui consiste en un carreau de verre renfermé dans un cadre pour que la lumière puisse traverser le vitrail sur lequel on travaille; de cette manière on peut aussi de temps à autre enlever ce vitrail de dessus le pupitre et le poser sur un papier blanc, afin de juger avec plus de précision de l'effet de certaines couleurs. D'autres, au

lieu de ce pupitre en verre, se servent, mais avec moins d'avantage, d'un cadre en bois qu'on étend à volonté et qu'on arrête à une grandeur déterminée par des vis ; c'est ce cadre qui présente devant l'artiste et à sa main la feuille de verre à peindre, qu'on a introduite dans ses feuillures.

L'huile essentielle la plus convenable pour la peinture sur verre est l'essence de térébenthine rectifiée qu'on a laissée un peu épaissir par le repos et à laquelle on ajoute un peu d'essence de lavande. Ce mélange donne d'un côté aux couleurs la fluidité nécessaire, et de l'autre s'oppose à une trop prompte dessiccation ou à l'épaississement de celles-ci sur la palette. La palette consiste en un disque épais de glace dépoli au moyen du sable fin et d'une molette en verre.

Avant de les mélanger avec l'essence et de les charger, les couleurs qui exigent un fondant doivent être préalablement broyées finement à l'eau avec celui-ci, puis séchées, à moins que la formule ou recette ne prescrive des manipulations différentes. Les fondus, c'est-à-dire les couleurs où l'oxyde se trouve déjà fondu et vitrifié avec le fondant, et qui forment déjà des verres translucides, tels que les couleurs que fournissent le cuivre et le cobalt, n'ont besoin, avant d'être chargées, que d'être réduites en poudre grossière, car plus on les broierait finement plus elles deviendraient opaques et imparfaites à la cuisson. Quant aux couleurs qui n'admettent pas de fondant, ou qui peuvent être chargées associées à un véhicule terreux, comme les jaunes et les rougeâtres qu'on tire de l'argent, elles constituent une exception absolue relativement à l'usage de l'es-

sence, et se chargent après avoir été réduites avec de l'eau en une bouillie épaisse.

La première de ces trois espèces de couleurs exige rigoureusement qu'on charge en couleur mince ; la deuxième et la troisième, au contraire, en couche épaisse et en empâtant. Pour toutes trois, c'est de l'épaisseur ou de la ténuité de la couche suivant laquelle on les charge sur le verre que dépend la transparence plus ou moins grande ou le ton saturé de la couleur.

Le chargement des fondus présente plus de difficultés que celui des autres couleurs de la peinture sur verre. Ces dernières, en effet, s'appliquent tout simplement avec un pinceau comme dans la peinture ordinaire, en faisant seulement attention de charger aussi également que possible, ce à quoi on ne parvient, pour les surfaces de quelque étendue, qu'en faisant usage du gros pinceau. Il n'y a, ainsi qu'il a été dit, que les couleurs fournies par l'argent qu'on traite autrement et qui doivent être chargées sur le verre au moins de l'épaisseur du dos d'une lame de couteau. Dans tous les cas, les fondus se chargent sur la surface du vitrail à l'état de masse visqueuse, assez molle pour couler et s'étendre, mais d'une consistance suffisante pour bien couvrir le verre. Cette opération s'exécute en portant sur le carreau de verre la couleur par petites portions avec le pinceau ou une petite cuillère, en la conduisant sur la surface avec les outils, et en penchant le carreau de différents côtés pour la faire couler dans les limites des traits marqués sur l'esquisse. Lorsqu'on se propose d'obtenir un ton foncé avec les couleurs chargées de cette manière, dans quelque point du carreau de

verre, il convient de pencher pendant plus longtemps celui-ci dans la direction du point, afin que le fondu puisse, avec la dessiccation, s'y accumuler sous une plus forte épaisseur. C'est également par ce moyen qu'on obtient des modifications variées dans les nuances d'un seul et même fondu.

Les autres principes relatifs au chargement des couleurs, dépendent plus ou moins des différentes manières au moyen desquelles on peint sur verre ; on en connaît trois principales :

Dans l'une, on peint tout le tableau d'un côté du verre suivant ses contours et ses ombres en couleurs noires, brunes ou grises, et de l'autre côté on donne l'enluminage dans certains points avec les couleurs convenables.

Dans l'autre, on procède en peinture sur verre d'après les mêmes procédés que pour la peinture à l'huile, et comme si on faisait un tableau ordinaire.

Enfin dans la troisième, qui est celle qu'on pratique le plus communément, on réunit les deux manières, c'est-à-dire qu'on applique séparément chacune d'elles dans divers points et suivant l'exigence des effets qu'on veut obtenir.

Ces trois manières ont des principes communs qu'on peut résumer ainsi :

1° Les ombres et les traits portés en couleurs foncées, ainsi que ce qu'on appelle les couleurs nuancées, sont placés presque constamment sur la face antérieure du verre, c'est-à-dire celle tournée du côté du spectateur ;

2° Tous les enluminages et les fondus, surtout les teintes principales, sont rejetés sur la face postérieure ;

3° Les demi-teintes, les dégradations, les transitions, s'appliquent communément sur la face antérieure, mais parfois nécessairement aussi sur la face postérieure, principalement quand elles alternent sur le fond, attendu qu'il serait impossible de les charger ainsi l'une à côté de l'autre sur un même côté sans qu'elles coulassent l'une dans l'autre et sans produire des teintes différentes et manquées;

4° Les couleurs jaunes et rougeâtres que fournit l'argent se placent constamment sur la face postérieure ;

5° Dans quelques cas on charge les deux faces dans des points correspondants pour que leur mélange produise, par transparence, des nuances particulières ; c'est ainsi qu'on se procure une teinte écarlate magnifique, en plaçant du pourpre d'un côté et du jaune de l'autre. De même, du bleu et du jaune fournissent, d'après leurs intensités respectives, différentes nuances de vert. Cette dernière couleur, dégradée à son tour par du bleu placé du côté opposé, donne des lointains parfaits, etc., etc. C'est également par des mélanges de couleurs différentes qu'on obtient les demi-teintes les plus variées, et qu'à cet égard le peintre sur verre possède autant de ressources que le peintre à l'huile ;

6° Afin de pouvoir nuancer les couleurs et en élever le ton sur une feuille déjà peinte, par exemple dans les endroits qui ont reçu les traits et les ombres, on fait sécher à une chaleur douce et égale pour éviter la rupture du carreau de verre, puis on peint de nouveau dessus dès qu'elle est refroidie. Ou bien on met les couleurs sombres qui ont été chargées les premières, et autant que possible, en même temps

que celles-ci, les teintes jaunes qui peuvent se trouver dans le tableau, et on peut ensuite sans crainte peindre une seconde fois sur les couleurs ainsi fixées ;

7° Toutefois, les couleurs jaunes qui ne renferment pas de fondant, afin qu'après la cuisson on puisse enlever le résidu de leur véhicule ou l'argile ferrugineuse, ne sauraient être portées sur une autre couleur et surtout sur les ombres avant que celles-ci ne soient cuites. Elles paraissent même exiger toujours un fond nettoyé avec le plus grand soin ; indépendamment de cela elles s'uniraient avec le fondant des couleurs sous-jacentes, y fixeraient leur résidu, et par conséquent leur enlèveraient leur transparence et leur beauté ;

8° Il convient de donner à toutes les couleurs une nuance un peu plus foncée qu'on ne le ferait dans tout autre genre de peinture, parce qu'elles perdent une partie de leur teinte à la cuisson ;

9° Si une couleur a dépassé les traits qui devaient lui servir de limites, on enlève le surplus, après la dessiccation avec le couteau. C'est aussi en enlevant le fond avec le grattoir, sorte de couteau en bois d'un grain fin, pointu par un bout et plat par l'autre, qu'on parvient à produire les effets de lumière les plus brillants ;

10° Quand les couleurs, après la dessiccation du tableau, ne sont pas parfaitement mates et sèches, mais brillantes et grasses, cet effet dépend d'un mauvais emploi ou d'un abus de l'essence, toujours nuisible à la beauté des couleurs lors de la cuisson ;

11° Il n'est pas nécessaire ni même prudent, après avoir chargé les couleurs, de les laisser sécher pen-

dant plus d'un jour, et on fera bien de procéder à la cuisson aussitôt après cette période écoulée ;

12° Enfin, pendant le travail, il faut veiller avec le plus grand soin à ce que le pinceau et la palette soient d'une propreté parfaite ; garantir le tableau de la poussière, etc. Par conséquent, on doit éviter de peindre dans un atelier ou de cuire dans un local où il se dégage des vapeurs, des poussières, etc.

Relativement à la peinture exécutée avec des verres teints dans la masse, ou mieux, celle faite partie avec ces verres et partie avec ceux peints à la main, on peut lui appliquer les principes généraux précédents pour le chargement des couleurs à leur surface.

PEINTURE MOSAÏQUE

La peinture mosaïque sur verre exige deux cartons. L'un sert de modèle et d'exemple au peintre, et est par conséquent coloré et terminé. Il donne en même temps les formes et les subdivisions des morceaux de verre, ainsi que la couleur qu'ils doivent avoir, et la place des plombs suivant les contours du dessin. A cet effet chaque morceau porte un numéro d'ordre qui lui est propre. L'autre carton dont le dessin ne porte seulement que les contours en noir des plombs, et dont les diverses divisions portent les mêmes numéros que le premier, est découpé suivant ces contours, et les morceaux, rognés tout autour de la demi-épaisseur des plombs, sont ensuite peints et servent de patrons pour découper les morceaux de verre blanc ou coloré.

La valeur des vitraux dépendant de deux choses, premièrement du mérite des cartons, secondement

de la manière dont [illegible]
que cette dernière opération [illegible]
gens habiles. [illegible]
aux verrières [illegible]
l'artiste.

Les cartons, comme on [illegible]
exécutés sur papier [illegible]
au crayon rouge, [illegible]
à l'aquarelle. On doit [illegible]
papier la place des [illegible]
ture de la fenêtre. Alors on [illegible]
figures ou les [illegible]
point faire passer une [illegible]
important d'un personnage [illegible]
assez habile [illegible]
mature : il faut également [illegible]
de façon à amener [illegible]
les plombs qui [illegible]
cachés dans l'ombre [illegible]

La gravité, la [illegible]
le but constant de la peinture sur verre.

Le carton doit être précis, d'un fait large et positif, rien de vaporeux : il ne faut jamais espérer que l'expression délicate d'une tête sera rendue fidèlement par l'exécutant, à moins que l'artiste n'exécute lui-même. Le carton doit toujours être exécuté de grandeur réelle ; une fois terminé, on le livre au peintre-vitrier. La tâche de l'artiste est terminée, celle de l'ouvrier commence.

On calque ce carton sur papier végétal, afin de pouvoir couper les verres sans salir le dessin original, que l'on respecte toujours matériellement. Quand le carton a été dessiné et non exécuté à l'aquarelle,

l'artiste donne au peintre-vitrier une réduction de sa verrière où il marque les couleurs qu'il doit assigner aux draperies, aux têtes, etc. C'est d'après ces données que l'on assortit les verres de couleur teints dans la masse. Il faut éviter généralement les tons très foncés qui feraient trou dans le vitrail. Cela fait, on passe à la coupe du verre.

Le découpage du verre s'opère, soit au moyen du diamant, soit avec le *gresoir* ou *grugeoir*, ou bien on détermine dans le verre une petite fissure qu'on conduit ensuite dans la direction voulue au moyen d'un charbon brûlant ou d'un fer rouge.

Espèce de verre. — On emploie actuellement, dans la peinture sur verre ou plutôt dans la fabrication des verrières, deux sortes de verres : les uns peints dans la masse, composés d'une ou plusieurs couches, ce qui permet les enlevages et facilite l'application du jaune au pinceau ; les autres blancs verdâtres, sur lesquels on superpose une couche de verre coloré par les procédés analogues à ceux de la peinture en émail.

Au moyen des verres de fabrique à deux couches, tels que ceux qui sont rouges ou bleus d'un côté, et blancs de l'autre, on peut produire des tons variés, en enlevant, par le frottement avec de l'émeri, une épaisseur plus ou moins considérable de la couche colorée, dans les limites des traits du dessin. Ou bien on use cette couche colorée jusqu'à celle qui est blanche, ce qui produit des ornements colorés sur fond blanc ; on se sert particulièrement du dernier moyen, pour représenter des étoffes damassées. On peut encore ainsi peindre en couleur quelconque le côté opposé, dans les endroits du verre ainsi usés

jusqu'au blanc, pour produire une foule d'effets variés ou pour éviter l'emploi de plusieurs morceaux de verre et surtout lorsque cette autre couleur doit, d'après les exigences du tableau, se perdre dans celle du verre à deux couches.

Les verres à deux couches peuvent également être peints en demi-teintes et en dégradations de la couleur qui leur est propre, et même pour obtenir des nuances particulières être recouverts sur l'une ou l'autre de leurs faces avec une autre nuance ou ton. C'est ainsi qu'on obtient un rouge très chaud, en chargeant un verre rouge à deux couches sur la face blanche avec la couleur jaune, tirée de l'argent, puis, en soumettant à la cuisson, et une nuance verte en employant la même couleur sur un verre à deux couches bleues, etc. L'expérience et la pratique de l'artiste peuvent étendre indéfiniment ce moyen de nuancer les couleurs.

La mise en plomb est ordinairement confiée à un vitrier.

III. CUISSON DE LA PEINTURE

Lorsque le verre est peint, il reste encore à lui faire subir une température capable de faire fondre les émaux de manière à ce qu'ils fassent corps et s'identifient avec lui. Pour cela, on dispose les feuilles de verre dans une sorte de caisse en terre réfractaire appelée *moufle*, placée dans un fourneau, et l'on chauffe jusqu'à ce que les émaux soient en fusion.

Le fourneau est constitué par quatre murs en briques, formant une enceinte divisée en trois parties :

la supérieure renferme le moufle ; elle est ouverte sur le devant pour introduire le verre et le retirer; cette ouverture doit être murée après chaque enfournement ; la partie moyenne est le foyer ; l'inférieure est le cendrier. Une grille de fonte sépare le foyer du cendrier : elle est formée de barreaux fondus séparément, pour faciliter les réparations ; on les place simplement l'un à côté de l'autre. Des arceaux, au nombre de deux ou trois, placés transversalement à égale distance l'un de l'autre, en haut du foyer, servent à supporter le moufle. La voûte, en terre cuite, est percée de trous pour donner issue à la flamme et aux produits de la combustion. Le moufle offre une large ouverture à sa partie antérieure pour le passage du verre, et une autre circulaire, peu étendue, placée à la voûte pour la sortie des gaz qui se développent dans l'intérieur. La porte qui clôt la grande ouverture présente ordinairement, vers son milieu, une sorte de conduit par lequel on introduit les pièces d'essai ou le pyromètre, et qui permet en même temps de surveiller la température. Nous préférons deux ouvertures disposées comme on le verra tout à l'heure.

Disposition du verre dans le moufle et conduite du feu. — Comme les émaux doivent être mis en fusion, les feuilles de verre ne sauraient être superposées l'une à l'autre, en contact immédiat, sans se coller ensemble; c'est pourquoi on les dispose par couches isolées l'une de l'autre, au moyen de tablettes en terre réfractaire, ou en lave d'Auvergne, ou en fonte de fer, placées horizontalement et parallèlement, de manière à laisser entre elles un petit intervalle. Elles sont tenues écartées l'une de l'autre par de petits

parallélipipèdes en terre cuite placés aux quatre coins. D'autres fois, on les appuie sur des traverses en fer, au nombre de deux pour chaque tablette, l'une à une extrémité, l'autre à l'autre, et fixées par les bouts dans les crémaillères placées à chacun des angles du moufle; mais le premier moyen est préférable.

Avant d'enfourner le verre, il est nécessaire de recouvrir les tablettes d'une couche de blanc d'Espagne simplement délayé à l'eau, dans le but d'empêcher le verre, qui pourrait se ramollir au feu, d'adhérer à leur surface. On les fait sécher avec soin, puis on y dispose les feuilles de verre peint l'une à côté de l'autre, mais sans qu'elles se touchent, en laissant à chaque angle des tablettes une place libre pour les petits supports dont nous avons parlé. Quand le moufle est rempli, on le clôt hermétiquement, en lutant sa porte avec de l'argile réfractaire, et l'on mure avec des briques la partie antérieure du fourneau. Ainsi renfermé, le verre peut être chauffé sans que les émaux soient exposés à l'action de la flamme et des vapeurs du foyer.

Il est bon d'observer que pour présenter toute sécurité et mieux assurer le succès des opérations, il faut, quand un moufle sert pour la première fois, ou quand il a été longtemps sans servir, le préparer à ce service, en le portant jusqu'à un point voisin du rouge blanc, exactement comme s'il était chargé de verre, puis, après que le feu est tombé, en le laissant lentement refroidir dans le fourneau. Lorsqu'il est complètement refroidi, il est propre alors au service particulier auquel on le destine.

Le fourneau doit être chauffé avec du bois, parce

que l'échauffement du moufle se fait moins par le rayonnement du foyer que par le contact de la flamme. On doit donc préférer le bois qui donne une flamme longue et claire, tel que le tremble, le bouleau, le peuplier, amenés à l'état de dessiccation aussi complète que possible. Le feu doit être conduit lentement, de manière que le moufle puisse arriver au même point de température dans toutes ses parties. Il faut pour cela donner le temps au calorique de se propager. Si on agissait autrement, quand le verre placé au centre du moufle aurait acquis une température convenable, celui qui serait plus rapproché des parois aurait supporté un degré de chaleur capable non seulement d'altérer les émaux, mais encore de faire fondre le verre lui-même. Pour échapper sûrement à cet accident, il faut procéder de la manière suivante : après avoir, dès le commencement, entretenu le feu avec modération, dès que le moufle proprement dit est porté au rouge vif, il faut suspendre le feu. La chaleur se propage à l'intérieur, et le moufle revient au rouge sombre. On ranime alors le feu, et dès qu'il est revenu au rouge vif, on le modère de nouveau. On continue ainsi jusqu'à ce que le centre du moufle soit à la température qu'on désire : par ce moyen, il ne peut jamais arriver que l'extérieur soit porté à une température trop élevée, sans que l'intérieur soit convenablement échauffé.

La température voulue est ordinairement le rouge cerise modéré. On l'apprécie en appliquant l'œil aux différentes ouvertures du moufle. Toutefois, les observations que l'on fait par la simple inspection du moufle sont sujettes à erreur, parce qu'on n'est pas

toujours dans les mêmes conditions de lumière. Ainsi, quand l'atelier est très éclairé, le moufle porté au rouge paraît plus sombre; quand il l'est moins, le rouge semble plus intense; de sorte que l'expérience d'un jour trompe souvent pour le lendemain. C'est pourquoi on doit s'attacher, au moyen de rideaux placés aux fenêtres, à s'éclairer d'une manière à peu près égale.

On se guide aussi d'après des échantillons d'émail que l'on introduit par les ouvertures du moufle; mais ces sortes d'épreuves sont peu concluantes, et n'indiquent qu'une température locale. Un essai obtenu dans une partie du moufle n'apprend rien sur l'état des autres parties. Cependant, si l'on veut faire usage de ce moyen, il faut avoir soin de rester toujours au-dessous de la température exigée, et arrêter le feu avant que l'échantillon d'essai ne soit tout à fait au point de fusion convenable; car on a la certitude que la température s'élèvera davantage au centre, et qu'elle est déjà plus élevée vers les parois. C'est le carmin que l'on emploie ordinairement pour les essais de ce genre. Les changements de coloration qu'il subit à mesure qu'on le chauffe davantage, le rendent très propre à cet usage. Peu cuit, il est d'un violet sale : il passe ensuite au carmin pur; et, enfin, quand on le chauffe trop, il devient jaune à la lumière réfléchie, et violet à la lumière réfractée, c'est-à-dire que, s'il est appliqué sur un corps opaque, tel qu'un morceau de porcelaine, il paraîtra jaune : il paraîtra violet, au contraire, sur un morceau de verre vu en transparence.

Enfin, on peut apprécier la température au moyen des instruments spéciaux imaginés pour mesurer la

chaleur des fourneaux : tels sont le pyromètre de Wedgwood et celui de M. Brongniart.

Lorsqu'on commence le feu, il est important d'établir un léger courant d'air au travers du moufle, pour dégager promptement les gaz qui doivent s'y former par la combinaison des substances fixatives employées dans la peinture, et ceux qui, venant du foyer, traversent les parois du moufle. Pour cela, on tient entr'ouverte l'une des ouvertures antérieures, ainsi que le trou de la partie supérieure. On adapte, en outre, à celui-ci, un tuyau de poêle de quelques décimètres de longueur, qui, en s'échauffant, appelle l'air intérieur du moufle, et détermine son mouvement ascensionnel. C'est au commencement du chauffage que les gaz extérieurs les plus nuisibles entrent en plus grande quantité. Quand le moufle est rouge, ils sont plus complètement détruits à l'extérieur. Ces gaz exercent toujours sur la peinture une influence fâcheuse dont il importe de la préserver.

Il n'est pas moins utile de produire le courant d'air dont nous venons de parler, pour éviter un accident qui, sans cette précaution, arrive fréquemment : nous voulons parler du *grippage*. Voici en quoi il consiste : au commencement du chauffage, il pénètre quelquefois par le trou de la voûte du moufle, une grande quantité de fumée. Le verre est encore froid quand les parois du moufle sont déjà chaudes : il condense la vapeur aqueuse de la fumée, qui se dépose en gouttelettes à sa surface. Quand le verre commence à s'échauffer à son tour, l'eau qui le recouvre bouillonne avant de se réduire en vapeur. Elle finit par attaquer la peinture avec laquelle elle est en contact. Il en résulte une sorte de *tressaillement* particulier

semblable à celui qu'éprouve le vernis appliqué sur une peinture à l'huile, encore fraîche. On diminue les chances de cet accident en donnant passage à l'air, dès le début de la chauffe. Le courant ne doit pas être assez fort pour causer le refroidissement, et par conséquent la brisure des objets sur lesquels il est dirigé. Il ne paraît pas d'ailleurs avoir d'inconvénient.

Une autre source d'humidité se trouve encore dans l'argile, qui sert à luter la porte du moufle. C'est pourquoi on a l'habitude de chauffer un peu celui-ci avec ce qu'il renferme, avant de le luter, et de clore le fourneau. Déjà chauffé quand on applique l'argile, le contenu ne peut plus condenser aussi facilement la vapeur d'eau.

Lorsque le moufle est parvenu au rouge-brun, qu'on voit s'affaisser les éprouvettes en verre, et que les montres qu'on a tirées et qu'on a fait refroidir lentement sur le couvercle du fourneau sont bien fondues et d'un bel aspect, ce qui doit avoir lieu vers la sixième ou la septième heure de feu, alors on retire le feu par la porte du foyer du fourneau, avec autant de promptitude que possible, mais néanmoins avec précaution pour ne pas faire bouger le moufle ou pour ne pas le heurter, on ferme cette porte, ainsi que l'ouverture aux montres, on bouche celle du couvercle ; puis, on abandonne au refroidissement, qui est opéré complètement au bout de 24 à 36 heures.

Les charbons qu'on retire sont jetés dans un pot où on les étouffe pour en faire usage une autre fois.

Après le refroidissement, on retire les verres du moufle, on les nettoie avec une brosse et de l'eau tiède et on fait sécher avec soin.

La peinture sur verre qui s'exécute avec des émaux

colorés n'est pas terminée dès qu'elle a subi un premier feu. Ordinairement, la fusion des émaux fait baisser le ton des couleurs en général. Les émaux de première classe surtout, quand ils reçoivent une chaleur trop élevée, perdent de l'intensité de leur coloration. Après le premier feu, il est nécessaire de rendre de la vigueur aux parties qui en manquent, et de donner à l'ensemble l'harmonie désirable. Il est même quelquefois utile de faire de nouvelles retouches après le second feu. Un troisième est donc nécessaire dans ce cas; mais la peinture ne saurait en supporter davantage; car une grande partie des émaux seraient gravement compromis par l'action réitérée du calorique, et tendraient à disparaître. Lorsqu'une peinture doit subir un nouveau feu, et qu'il est nécessaire de rétablir l'harmonie entre les différentes pièces qui en font partie, l'artiste les réunit ordinairement dans la position qu'elles doivent garder plus tard, pour pouvoir juger de leur ensemble. Pour cela, il les fixe dans leur place respective sur la glace du chevalet, ou sur un châssis vitré d'une grandeur appropriée.

Deux moyens se présentent pour maintenir les morceaux de verre en rapport l'un avec l'autre. On peut les coller sur la glace avec de la cire que l'on file entre les doigts, et que l'on roule sur une table; la cire tient la place du plomb et bouche tous les intervalles. On peut enfin les mettre en plomb provisoirement. La mise en cire offre en sa faveur l'avantage d'être matériellement moins dispendieuse que la mise en plomb; mais elle manque de solidité. Lorsqu'il fait chaud, la cire se ramollit tellement, qu'elle supporte difficilement les pièces; de nombreux acci-

dents en sont la suite. Un travail de longue haleine peut être perdu en un instant. Il est difficile aussi de débarrasser complètement le verre de la cire dont il est imprégné, sans perdre beaucoup de temps; et ce n'est pas sans dommage pour la peinture, lorsqu'il en reste quelque part. En outre, le prix plus élevé de la mise en plomb n'est qu'illusoire, si ce n'est le peintre lui-même qui met en cire; car la valeur de son temps compense avec excès la dépense de la mise en plomb, puisque celle-ci est faite par un simple vitrier qui se borne à souder les extrémités des plombs. Quoi qu'il en soit, la mise en cire est seule pratiquée à Sèvres; à Munich, on préfère la mise en plomb.

MISE EN PLOMB DES VITRAUX

Les différentes parties d'une verrière ayant subi le feu qui doit fixer les émaux à leur surface, il faut alors les réunir pour en former l'ensemble qu'elles doivent constituer. Cette opération se pratique au moyen de baguettes de plomb que nous allons décrire.

Le plomb se compose de deux bandelettes étroites réunies par le milieu d'une de leurs faces, et suivant leur longueur, par une lame mince transversale. De la disposition de ces trois pièces, il résulte de chaque côté un espace qui sépare les bords libres des bandelettes, et que l'on appelle *chambre*. Les quatre parties libres des bandelettes sont nommées les *ailes*. La lame transversale est l'*âme* ou le *cœur*. On comprend que les chambres sont destinées à recevoir les bords des deux pièces de verre contiguës qui seront recouvertes par les *ailes*, et séparées par le *cœur*. Le plomb se fabrique en baguettes de plusieurs décimè-

tres de longueur. On lui donne depuis 4 millim. 1/2 jusqu'à 13 millimètres 1/2 de face, et depuis 4 millimètres 1/2 jusqu'à 9 millimètres de chambre.

Le calque qui a servi à tailler les pièces de verre, sert aussi à les mettre en place pour les unir avec les plombs. On commence par un point quelconque du panneau qu'il s'agit de former. La première pièce qu'on se propose de fixer, est disposée au lieu qu'elle doit occuper; on la retient de plusieurs côtés par des pointes que l'on fixe dans la table. Ces pointes, ou clous sans tête, remplissent ce but par l'intermédiaire de petits morceaux de plomb tiré, qu'on interpose entre elles et le verre. On prend alors une baguette de plomb dont on circonscrit un des côtés de la pièce de verre. Après lui en avoir fait suivre tous les contours en le poussant avec soin à l'aide de la tringlette, on en retranche ce qu'il y a de trop avec le couteau à plomb. On y ajoute immédiatement une seconde pièce que l'on retient comme la première avec des pointes, jusqu'à ce qu'on y ait adapté une baguette de plomb. On rabat les ailes de la première avec la tringlette, et on continue ainsi jusqu'à ce que le panneau soit complet.

Il faut ensuite procéder au soudage : cette opération consiste à faire couler sur toute la surface du plomb une couche de métal nommé *soudure*. Elle a pour but de réunir les différents morceaux de plomb entre eux, et de donner une plus grande solidité au réseau qu'ils forment. La soudure est un alliage de plomb et d'étain moins flexible que le métal des plombs lui-même, à qui, par conséquent, elle communique plus de résistance. L'étain et le plomb y sont combinés à parties égales. Avant de se servir de

la soudure, il faut la préparer à être employée commodément. On fait fondre du plomb dans une marmite de fer. Dès qu'il est en fusion, on ajoute une pareille quantité d'étain. Quand le mélange est achevé, on le maintient à une température modérée, et on y projette une petite quantité de résine ou de graisse qui, en désoxydant le métal, lui rend toute sa fluidité; on enlève ensuite l'oxyde et les matières étrangères qui surnagent la soudure, et on la coule. Elle doit être coulée en bandelettes minces, qui, par leur forme et leur souplesse, sont plus commodes à manier. Ces bandelettes s'obtiennent en versant de petites quantités de soudure sur une planchette pourvue de cannelures et disposée en plan incliné. L'inclinaison de ce moule doit être telle, que les bandelettes obtenues soient assez souples, sans être trop minces. Lorsqu'on est muni d'une suffisante quantité de soudure, on la met en œuvre. La soudure s'applique au moyen du fer à souder. Cet instrument consiste en une masse de cuivre, de forme conique, et dont la base offre un prolongement qui lui sert de manche. Ce manche est tenu à la main au moyen de deux pièces de bois concaves et mobiles, qui, réunies, lui forment une enveloppe. Le fer à souder pourrait être en fer. Il serait ainsi plus durable peut-être, mais le fer paraît moins disposé à prendre la soudure que le cuivre. Le fer à souder doit être préalablement étamé à son extrémité. Dans ce but, il est aussi besoin d'avoir une planchette garnie d'une feuille de tôle étamée, légèrement concave. Le fer ayant été échauffé dans un fourneau convenable, on en déroche l'extrémité en la passant sur un morceau de sel ammoniac, et on la frotte ensuite sur la feuille de tôle

dont nous avons parlé, après avoir jeté un peu de résine pour en désoxyder l'étain. Le fer alors s'approprie une partie du métal de la plaque; il est étamé. Chaque fois qu'on le retire du fourneau, il est utile de mettre à vif son extrémité étamée, en la passant sur la plaque, dont on renouvelle le métal quand il est nécessaire.

Le fer étant convenablement chauffé et étamé, on l'approche du plomb préalablement saupoudré d'une petite quantité de résine. Dans cette position, on fait fondre de la soudure que l'on présente de la main qui n'est pas armée du fer. On l'étale d'une manière égale et régulière en promenant la pointe du fer sur toute la surface du plomb. Le fer doit être à une température convenable; trop chaud, il peut faire fondre le plomb; trop froid, il donne à l'étamage un aspect rugueux, désagréable à l'œil, qui résulte de la fusion incomplète de l'alliage. On étame le plomb d'un seul côté ou des deux côtés également, suivant le degré de solidité qu'on veut lui donner. Quand l'étamage est achevé, on débarrasse le plomb de la résine dont il est souillé, en le lavant avec un linge imprégné d'essence de térébenthine.

Le fourneau qui sert à échauffer le fer est une boîte de tôle ronde, sans grille ni courant d'air. Il est ordinairement porté par trois pieds qui l'élèvent à une hauteur commode pour l'usage. C'est la marmite du ferblantier. Le charbon dont on le remplit n'est alimenté d'air que par un soufflet à main.

La mise en plomb est rendue aujourd'hui beaucoup plus facile par l'emploi des fers à souder chauffés au gaz. On a pu ainsi supprimer le fourneau qui encombrait la table de travail, et d'autre part, l'ouvrier a

toujours à sa disposition un fer en état, dont il lui est très facile de modifier la température. Ce fer, bien connu, se compose d'un fer d'apparence ordinaire, dont le manche creux est raccordé par un tuyau de caoutchouc avec une conduite de gaz d'éclairage, qui vient brûler autour de la partie supérieure du fer et le porte au degré de chaleur convenable. Une disposition accessoire et ingénieuse permet de régler automatiquement la dépense du gaz, qui ne brûle qu'à l'état de petit jet veilleuse quand le fer ne sert pas, et ce qui rend également impossible un trop grand échauffement, si le temps d'inactivité se prolongeait. Ce résultat s'obtient à l'aide d'une sorte de soupape limitant l'arrivée du gaz et qui est naturellement ouverte par la pression de la main de l'ouvrier sur le manche, quand il saisit le fer pour en faire usage.

La soudure étant terminée, on fera bien d'enduire les points blancs et brillants qu'elle laisse et qui détruiraient les effets du tableau, avec une couleur à l'huile d'une teinte rembrunie, ou ce qui est mieux, avec de l'acide sulfurique très étendu qui ternit aussitôt l'éclat des métaux.

On établit aujourd'hui des quantités considérables de vitrages, où la mise en plomb forme en quelque sorte la seule opération de main-d'œuvre. Ces vitrages sont obtenus par la combinaison, suivant des dessins variés, de morceaux de verre de couleur colorés dans la masse, que les verreries livrent découpés suivant des formes généralement polygonales. Leur combinaison entre eux par l'emploi de verres rouges, jaunes, bleus, verts, et du verre légèrement verdâtre, permet d'obtenir les effets les plus variés. On emploie beaucoup également des pièces rondes, dites culs d

bouteilles, parce que, en effet, elles représentent très exactement ces objets, par suite d'une série de nœuds concentriques qu'elles portent sur leur surface.

Ce genre de verrières, qui est une restauration de décoration très employée dans les Flandres, a encore subi de nouveaux perfectionnements. Aux culs de bouteilles, en verre noir verdâtre, on a ajouté des objets de même forme mais en verre opalin, soit blanchâtre, soit coloré, formés par un verre fondu avec de l'émail dans la masse.

ARMATURE DES VITRAUX

L'armature a pour destination première de donner au vitrail assez de solidité et de résistance aux violences extérieures. En effet, le réseau de plomb qui enserre les pièces de verre ne peut les maintenir puissamment qu'autant qu'il a peu d'étendue, ou qu'il est soutenu de distance en distance par des barres ou des tringles de fer. Mais, quelquefois, cet appareil de fer concourt lui-même à l'effet de la décoration.

Nous en avons un exemple dans le vitrail gothique qui se compose de nombreux panneaux de formes variées, disposés avec art, de manière à produire un ensemble gracieux. Ici, l'armature, tout en réalisant les mesures de consolidation qu'il est nécessaire de prendre, paie encore son tribut à l'art. Elle isole les panneaux dont elle fait ressortir les contours agréables, pendant qu'elle constitue elle-même, dans ses nombreuses évolutions, un dessin d'un effet d'autant plus puissant qu'il se manifeste en noir sur un fond transparent. Dans les vitraux, au contraire, où l'armature n'est plus l'auxiliaire de la peinture, et n'est

là que comme [illegible]
saurait être qu'[illegible]
autant que possible [illegible]
les ombres [illegible]
aux yeux comme un [illegible]
sous la forme d'une [illegible]
fenêtres des églises et [illegible]
que firent souvent [illegible]
d'économie, ainsi que [illegible]
demment.

Plusieurs systèmes [illegible]
truction des armatures [illegible]
traux gothiques [illegible]
contournées suivant [illegible]
retiennent les [illegible]
par intervalles égaux [illegible]
tôt ces barres [illegible]
modernes, reçoivent [illegible]
où ils sont maintenus [illegible]
D'autres fois enfin [illegible]
placées au revers [illegible]
les plombs par des [illegible]
d'une part sur [illegible]
l'autre, après avoir [illegible]

Les armatures [illegible]
fabrication très comp[illegible]
deux bandes [illegible]
l'autre et suivant [illegible]
ou bien, d'une seule [illegible]
puis réfléchie, de manière [illegible]
qui constituent les [illegible]
est excessivement dispendieuse [illegible]
jours à un prix élevé [illegible]

L'armature gothique, bien que plus simple, est encore plus coûteuse à établir à cause de la grande force des fers, et à cause des clavettes dont elle s'accompagne. L'armature à tringles avec attaches de plomb, est plus facile à fabriquer, mais elle a moins de solidité. Elle est, en outre, d'un aspect peu agréable.

Lorsque le vitrier a disposé les panneaux dans l'armature, qu'il a placé soit les clavettes, soit les chevilles, ou fixé les attaches, il garnit de mastic tous les endroits qui peuvent donner passage à l'eau pluviale, et met ainsi la dernière main à l'œuvre.

PEINTURE SUR VERRE IMITANT LES VITRAUX

Pour imiter de vieux vitraux, on peut faire usage de vernis damar ou de sandaraque additionné de couleurs solubles, d'aniline, par exemple.

On dessine d'abord les contours avec un pinceau fin et une couleur à l'huile; puis, quand celle-ci est sèche, on remplit les intervalles avec la couleur choisie, en ayant soin autant que possible de ne pas superposer les couches, afin d'éviter les empâtements.

Dans certains cas, on colle sur la face opposée du verre des bandes de plomb qui, suivant les contours du dessin, donnent l'illusion d'un vitrail ancien. On trouve même dans le commerce des réseaux en plomb, d'une seule pièce, tout préparés pour ce genre de travail.

LA TEINTURE DU VERRE

Lorsqu'on applique sur un verre un sel d'argent et qu'on le soumet pendant un certain temps à une température de 500 ou 550°, on peut constater, après qu'on l'a laissé refroidir et qu'on l'a débarrassé de l'excès du sel, une coloration jaune plus ou moins intense. Le métal a pénétré à travers la surface et a imprégné le verre sur une certaine épaisseur.

Ce fait est connu depuis longtemps et l'on a remarqué, sans pouvoir l'expliquer, que tous les verres ne se comportent pas de la même façon : les uns prennent une coloration très foncée, brun-jaune allant jusqu'au brun de bois, d'autres ne prennent qu'une couleur jaune paille, d'autres même ne se colorent pas du tout.

Salvetat a fait de nombreuses recherches pour découvrir à quel principe il fallait attribuer cette propriété du verre de se colorer en jaune sous l'influence de l'oxyde d'argent, et après avoir rejeté successivement l'oxyde de plomb, l'alumine, la soude, la potasse, il a cru pouvoir s'arrêter à l'acide arsénieux. Quelques millièmes de cet acide, laissés dans le verre par une volatilisation incomplète, seraient nécessaires au développement de la coloration jaune. Quand l'affinage du verre a fait disparaître jusqu'aux dernières traces de cet agent, le verre ne prend en effet aucune coloration.

Le sel d'argent employé par M. Salvétat était du sulfure, mais il est plus avantageux de se servir du chlorure d'argent, ou mieux, du jaune Jean Cousin dont la composition est la suivante :

Oxyde de fer. 60
Chlorure d'argent. 10

M. Léon Lémal a fait connaître un procédé d'impression sur verre basé sur cette propriété d'imprégnation par l'argent.

Pour produire sur verre le dessin d'une dentelle de fil, par exemple, on plonge cette dentelle dans une solution à 1/1000e de nitrate d'argent, puis dans une solution de sulfure de potassium ; on l'applique sur le verre et on chauffe au moufle; on obtient en peu de temps une empreinte en jaune foncé.

Un cliché photographique sur collodion, traité de même, laisse également une impression en couleur jaune.

La coloration est, du reste, toutes choses égales d'ailleurs, proportionnelle à la quantité du sel d'argent mise au contact du verre et la pénétration d'autant plus profonde que la température est soutenue pendant un temps plus long. Ainsi, sur une plaque de verre jaunie à l'argent pendant cinq minutes de cuisson, la couche d'imprégnation métallique a 17 centièmes de millimètre. Au bout d'une heure de cuisson, l'épaisseur de la couche est de 32 centièmes de millimètre. Enfin, après dix-huit heures, et en renouvelant de six heures en six heures la composition colorante, l'épaisseur atteint $1^{mm}57$, puisqu'une plaque de $1^{mm}57$ est entièrement traversée.

Ces verres, ainsi colorés, sont jaunes par transparence et, par réflexion, ils présentent des teintes d'aspect fluorescent, allant du vert jaunâtre au violet bleuâtre. On obtient aisément ce dichroïsme en ajoutant à la composition colorante d'argent quelques parcelles de cuivre en poudre. Ainsi un cliché pho-

tographique, exécuté [illegible] après cuisson une [illegible] transparence est [illegible] est d'un bel effet.

Ce procédé est intéressant [illegible] quer sur verre un [illegible] un cliché photographique [illegible] duites avec une [illegible] une dentelle, un feston, un portrait [illegible] primé en couleur sur verre [illegible]

La nuance peut aller [illegible] orangé rouge, selon la [illegible] Avec certains verres de [illegible] ajoutant au sel d'argent [illegible] rouge, on obtient une [illegible] rouge orangé. La quantité d'argent mise en présence du verre peut être très faible.

On constate les mêmes phénomènes de pénétration du verre à 500 degrés avec d'autres matières que l'argent, par exemple, avec l'or, le cuivre et le fer.

Le cuivre donne dans ces circonstances une magnifique couleur rouge-rubis, mais il faut prendre certaines précautions pour obtenir un bon résultat. *M. Henrivaux* a décrit le procédé employé à la cristallerie de Saint-Louis :

« Un mélange de craie et de sulfate de cuivre, ou de sulfate de chaux et de sulfate de cuivre, est appliqué sur la surface du verre, qui doit être autant que possible exempt d'oxyde de plomb et d'une faible fusibilité. On cuit dans un moufle par les procédés ordinaires ; on détache le corps indifférent qui accompagnait le sulfate de cuivre. La surface du verre est colorée faiblement en une nuance verdâtre sale

faut convertir en protoxyde de cuivre. On y parvient en cuisant de nouveau le verre dans un moufle au milieu d'une atmosphère réductrice, obtenue généralement par l'introduction des produits fuligineux de la houille, ou de tout autre combustible donnant le moins possible de vapeur d'eau.

« Les nuances rouges tirées du cuivre ne rendent pas aux peintres verriers les mêmes services que le jaune Jean Cousin; on le comprend sans peine, à cause des conditions particulières qu'il faut remplir pour ramener et maintenir l'oxyde de cuivre à l'état d'oxydule ».

V. IMPRESSION SUR VERRE

Procédé Sapène-Gays

Le dessin qu'on se propose d'imprimer sur verre doit d'abord être fait sur pierre lithographique par le procédé ordinaire; ensuite, chaque épreuve destinée à être reportée sur verre, est prise par le moyen suivant :

On encre d'abord la pierre avec un mordant ainsi composé :

Vernis extra-fort lithographique. .	500	gram.
Esprit de vin.	100	—
Résine de pin.	400	—

Le tout bouilli pendant vingt minutes.

La pierre encrée, on prend l'épreuve avec un morceau de taffetas léger recouvert d'un enduit qui doit être bien sec, et qui est préparé au moyen d'une colle fine d'amidon (comme le taffetas dit d'Angle-

terre); puis, lorsque l'épreuve est prise, on applique à la main le taffetas imprimé sur le verre, et on l'assujettit au moyen d'une roulette que l'on passe sur toutes les parties.

L'objet en verre est ensuite plongé dans un baquet plein d'eau, où on laisse jusqu'à ce que le taffetas soit assez imbibé pour se détacher facilement. Le taffetas ne tarde pas, en effet, à se détacher, en laissant le dessin sur le verre, auquel on applique alors de l'or ou de l'argent en feuilles ou en poudre.

Si l'on veut passer des couleurs, on emploie les couleurs ordinaires de la lithographie, en ayant soin qu'elles soient délayées ou mises à point par le mordant d'impression indiqué plus haut.

Il est important, après avoir retiré les objets de l'eau, et lorsque le taffetas en a été détaché, de n'y appliquer l'or, l'argent ou le bronze qu'après les avoir bien laissé sécher à l'air libre.

Lorsque l'or, l'argent, le bronze ou les couleurs appliqués sont bien secs, on les fixe en passant dessus, au pinceau, une couche de vernis siccatif brillant à l'esprit de vin du commerce; cette dernière opération termine le travail.

Procédé Ducrot

M. Ducrot a proposé un procédé d'impression sur verre par lequel on dépose une couche d'or, d'argent ou de poudre métallique restant adhérente au verre, suivant le dessin qu'on veut former, et qui, par sa disposition, se trouve garantie de toute altération.

Le dessin ayant été préparé sur une pierre, on en tire une épreuve sur calicot, par les procédés lithogra-

phiques ordinaires, en ajoutant seulement au vernis habituel, du blanc d'argent et du vernis copal. On recouvre immédiatement les dessins avec de la poudre métallique qui y reste adhérente, et en ces endroits-là seulement.

Le décalque se fait non sur la surface du verre exposée à l'air, mais en dessous, après avoir enduit cette partie avec un encollage composé de gomme arabique, d'alun de Rome et d'acide azotique.

On applique l'épreuve par dessus, et dès qu'elle est sèche on l'arrache doucement. Elle abandonne au verre la poudre métallique dont elle était couverte.

Par derrière, on peut protéger par une couche de peinture, qui fait ressortir les dessins métalliques sur un fond coloré. On peut, en choisissant au lieu de calicot une toile cirée peinte, laisser cette toile adhérente au verre et le fond se trouve ainsi formé en même temps que le dessin. Enfin, on peut à un fond en couleur substituer une couche de vernis transparent, qui laisse la translucidité du verre intacte, là où il n'y a pas de dessin formé.

Pour la porcelaine, on peut opérer par le même procédé, en faisant le décalque en dessus.

Procédé Roy

Ce procédé qui permet d'obtenir d'une façon simple et peu coûteuse des inscriptions colorées sur des surfaces planes ou courbes, en verre, grès, porcelaine ou émail, s'applique comme suit :

Mettre, par exemple, de l'oxyde de plomb, du silicate de plomb, ou de la soude chimiquement purs, en émulsion dans du verre soluble ou silicate de

soude. Laisser ensuite au repos, au bain-marie dans de l'eau chaude, jusqu'à complète clarification. Tirer au clair.

Sur une plaque en caoutchouc portant en relief le sujet ou l'inscription à reproduire, appliquer à l'aide d'un rouleau du liquide clair ci-dessus indiqué. Imprimer à la manière ordinaire et saupoudrer avec une couleur quelconque finement tamisée. Les poudres de bronze de différentes nuances sont particulièrement propres à cet usage; elles donnent sur fond vert, marron, bleu, jaune, etc., des images d'un très bel effet.

Naturellement, les couleurs en poudre peuvent être mélangées avec le liquide clarifié avant l'impression, de sorte que l'empreinte est directement colorée.

Quand il s'agit d'obtenir des images polychrômes, le meilleur moyen consiste à faire adhérer à l'empreinte, par frottement, de la couleur sèche en poudre.

Toutes les opérations se terminent par une dessiccation en étuve chauffée de 50 à 200° C. La réaction qui se passe alors donne une empreinte insoluble qui retient fortement les matières colorantes employées.

cette manière, nuancer les verres depuis la couleur opale translucide jusqu'au blanc laiteux complet.

On emploie ce verre pour faire des abat-jour, des échelles thermométriques, etc...

II. VERRE DE CRYOLITHE

On préfère aujourd'hui, à l'émail préparé au moyen du phosphate de chaux, celui qu'on obtient à l'aide du spath-fluor (fluorure de calcium), ou de la cryolithe (fluorure double de sodium et d'aluminium). Ce nouveau produit est d'un prix moins élevé et d'une meilleure qualité au point de vue optique que le verre opale au phosphate de chaux.

D'après *Williams*, on obtient le verre de cryolithe en fondant le mélange suivant :

Silice	100
Cryolithe	35 à 36
Oxyde de zinc	12 à 14

Weinreb donne l'analyse d'un verre de cryolithe autrichien :

Acide silicique	78
Alumine	3,12
Oxyde de fer	traces.
Protoxyde de manganèse	traces.
Chaux	3,87
Soude	9,46
Potasse	4,35
Fluor	3,77

La composition vitrifiable devait renfermer d'après le calcul :

SiO^2	100
($Al^2 Fl^6$ 6 Na Fl)	15,91
Na^2CO^3.	8,12
K^2CO^3	7,91
$CaCO^3$	8,55

Ce calcul de la composition, d'après l'analyse, n'est qu'approximatif, parce que, à la température du four de fusion, une partie des alcalis se volatilise. Pour décider la question de savoir quel est l'élément de la cryolithe qui produit l'opacité du verre, on dut effectuer des expériences synthétiques, desquelles il résulta que le fluor et l'aluminium sont nécessaires pour la formation du verre de cryolithe. Il se forme probablement du fluorure d'aluminium, qui se dissout dans le verre fondu et qui, lors du refroidissement de ce dernier, se sépare, comme le phosphate de chaux, dans un état de division extrême et rend le verre laiteux (1).

M. Henrivaux a fait quelques essais de verres opaques en employant la cryolithe et il a obtenu de bons résultats, même en mélangeant simplement la cryolithe au sable.

« Si l'on mélange une partie de cryolithe avec 1, 2, 3 parties de sable, on obtient des produits identiques entre eux comme aspect et comme propriétés; avec 4 et 5 parties de sable, les produits obtenus ont la même teinte et le même aspect laiteux, mais l'apparence est plus vitreuse; en un mot, ces deux séries de produits présentent l'aspect du verre, tandis que les séries 1, 2, 3 ont plutôt l'aspect de marbre parfaitement poli. Quant aux autres propriétés, dureté,

(1) Wagner et Fischer, *Dictionnaire de Chimie industrielle.*

ténacité, elles augmentent avec la proportion de sable entrant dans les mélanges; quant à la fusibilité de ces mêmes mélanges, cette propriété diminue proportionnellement à la quantité de sable qui les compose.

« La recuisson de ces produits est assez délicate, et exige une température assez forte. Lorsque l'on retire du feu un creuset plein de ces matières en fusion, le verre tapissant les parois supérieures du creuset, — où il est déposé en couches minces, — présente çà et là quelques rares filets diaphanes; il en est de même si on coule ces mélanges en couches très minces : le même phénomène se présente sur les cassures nouvelles de ces couches. Suivant nous, ce phénomène est dû au refroidissement trop rapide de ces surfaces minces, qui n'ont pas le temps de perdre leur diaphanéité en se dévitrifiant. » (Henrivaux.)

III. VERRE D'ALBATRE OU VERRE PATE DE RIZ

On fabrique en Bohême un verre blanc laiteux dont l'opacité n'est pas due à une composition spéciale, mais à un mode spécial de travail du verre. Ce produit connu sous le nom de verre d'albâtre ou verre pâte de riz, n'est pas, comme le verre opale, rougeâtre par transparence, mais présente un aspect trouble, analogue à celui d'une pâte de riz, qui résulte de la présence de parties non désagrégées.

On le prépare comme le verre de Bohême, à l'aide d'une composition, à base de potasse et de chaux, contenant beaucoup de silice. Aussitôt que la matière est fondue, on cueille le verre et on le mouille.

Après avoir fait fondre une nouvelle quantité de composition, on y ajoute le verre mouillé et froid; on attend que la masse, refroidie par ce mélange, soit complètement fondue et on commence aussitôt le cueillage.

Le travail se fait à une température aussi basse que possible. Ce sont des particules non dissoutes qui produisent l'aspect trouble du verre, et comme il faut que ces particules soient microscopiques pour donner un bon aspect, il résulte que ce produit est assez difficile à bien préparer. Une fusion parfaite et un affinage trop prolongé rendraient le verre transparent; une fusion trop incomplète laisserait au contraire dans la masse des impuretés et des bulles visibles à l'œil nu et d'un effet désagréable.

IV. EMAIL BLANC

Quand les émaux sont préparés avec des verres plombeux, le cristal qui leur sert de base a généralement la composition suivante :

Acide silicique	48,5
Oxyde de plomb	39,4
Potasse	12,1
	100,0

Ce cristal, transparent, que l'on colore le plus souvent au moyen d'oxydes métalliques, est employé sous le nom de *flux*. La matière opacifiante qui a été le plus souvent employée est l'oxyde d'étain préparé sous forme de calcine.

La calcine est obtenue en oxydant dans un courant d'air un alliage composé de ;

Plomb	100
Etain	15 à 25

Lorsque le métal est en fusion, on enlève l'oxyde qui recouvre sa surface à mesure qu'il se forme. Quand toute la masse est convertie en oxyde, on continue quelque temps la calcination de celui-ci en remuant sans cesse, jusqu'à ce qu'il paraisse bien homogène. On projette ensuite l'oxyde dans un vase contenant de l'eau, où on l'agite pour déterminer la séparation des particules d'alliage non oxydées qui s'y trouvent mêlées; celles-ci se réunissent au fond du vase. L'oxyde recueilli et séché, est prêt à être employé :

Voici quelques compositions d'émail blanc :

1°	Sable siliceux	100
	Calcine (100 Pb + 15 Sn)	200
	Carbonate de potasse	80
2°	Quartz pulvérisé	100
	Minium	140
	Nitrate de potasse	30
	Carbonate de soude	20
	Arsenic	10
	Cinabre naturel	10
	Verre de Bohême	30
3°	Verre blanc	300
	Borax	100
	Nitrate de potasse	25
	Antimoine diaphorétique	100
4°	Groisil de cristal	72
	Minium	2
	Borax cristallisé	4
	Nitrate de potasse	4
	Acide arsénieux	6

5°	Silice.	100
	Calcine 100 Pb + 25 Sn	250
	Borax.	66

V. ÉMAUX COLORÉS

Conditions à remplir par ces matières. — Dans la peinture sur verre, on appelle émaux des substances vitrifiées ou vitrifiables, qui servent à peindre et qu'on fait adhérer au verre par l'action d'une température suffisante pour les mettre en fusion. Ces émaux sont de couleurs différentes. Ils se divisent en deux classes, comme nous le verrons bientôt.

Ces émaux, en tous cas, doivent réunir plusieurs conditions indispensables à leur usage : 1° être fusibles à une température déterminée ; 2° adhérer fortement au verre et faire corps avec lui ; 3° jouir d'une transparence ou quelquefois d'une opacité convenable ; 4° conserver une apparence vitreuse après leur fusion ; 5° posséder une dureté suffisante pour résister puissamment au frottement des corps solides ; 6° être insolubles dans l'eau ; 7° subir sans altération l'action de l'air, de l'humidité et des gaz ordinairement répandus dans l'atmosphère ; 8° enfin, être doués d'une dilatabilité conforme à celle des verres qu'ils doivent recouvrir.

La fusibilité des émaux doit toujours être plus grande que celle du verre. Celui-ci se ramollissant à la chaleur rouge un peu intense, il est nécessaire que les émaux entrent en fusion et se fixent sur lui, avant d'arriver à la température où il se déformerait par un commencement de liquéfaction.

La peinture sur verre recevant sa coloration des rayons lumineux dont le verre se laisse pénétrer, à

l'opposé des autres peintures en émail, qui n'envoient aux yeux que des rayons réfléchis, les émaux pour le verre sont presque toujours transparents et l'on conçoit que cette transparence est une condition le plus souvent nécessaire. Cependant, il n'est pas toujours indispensable que cette transparence soit parfaite, et qu'elle ait la limpidité du verre; il est, au contraire, quelquefois utile que les objets placés derrière le verre peint, ne puissent être distingués. Une demi-transparence suffit ordinairement, pourvu qu'elle admette une coloration riche et brillante. Mais il est des circonstances où la peinture ne doit pas se laisser traverser par la lumière. En ce cas, on se sert d'émaux complètement opaques. Il n'en existe que quelques-uns.

La dureté des émaux varie avec leur composition. On doit toujours leur donner le degré de dureté nécessaire pour qu'ils résistent puissamment au frottement des corps durs; mais comme les causes qui agissent mécaniquement sur les vitraux peints, de manière à user les émaux, sont extrêmement rares, on est autorisé à ne pas exclure toujours les émaux d'une dureté médiocre.

Quant à leur résistance à l'action chimique des corps, elle doit être telle qu'ils ne puissent être altérés par aucun des agents à l'influence desquels ils sont exposés, dans les conditions ordinaires, tels que l'air, l'eau, l'acide sulfhydrique, et les autres gaz répandus dans l'atmosphère; mais il importe peu qu'ils soient ou ne soient pas attaquables par les corps avec lesquels ils ne peuvent être en contact que d'une manière accidentelle et fortuite. L'inaltérabilité des émaux n'est pas plus absolue que celle du

verre : elle est ordinairement proportionnée à leur dureté.

Une propriété physique que les émaux doivent avoir dans une mesure strictement déterminée, c'est la faculté de dilatation. Dans les fréquents changements de température que subissent les verres peints, pendant et après leur fabrication, la dilatation de l'émail doit être en rapport exact avec le verre. S'il en était autrement, l'extension et la contraction qui s'opéreraient inégalement dans les deux corps, produiraient des mouvements opposés, des tiraillements contraires, d'où résulteraient infailliblement de nombreuses solutions de continuité. Tels sont, en effet, les accidents que produisent ordinairement les émaux d'une dilatabilité mal appropriée à celle du verre qu'ils recouvrent : ils se fendillent, se gercent et se détachent bientôt par écailles de la surface du verre, tandis que celui-ci, qui a plus de résistance et de solidité en raison de son épaisseur, conserve son intégrité.

NATURE DES COULEURS

Les émaux sont composés : 1° des substances colorantes qui sont, le plus souvent, des oxydes métalliques ; 2° des *fondants* ou véhicules des couleurs, qui sont des composés vitreux ou vitrescibles. C'est par leur intermédiaire que les matières colorantes se fixent sur le verre.

Les fondants sont ordinairement des silicates, des borates, ou des boro-silicates, unis en différentes proportions, et dont l'état de saturation est variable.

Pour colorer les émaux, on met à profit tantôt la

couleur que présente un corps à l'état libre, tantôt celle que nous offre sa combinaison avec un autre corps qui fait ordinairement partie du fondant. C'est toujours dans l'une ou l'autre de ces conditions que se trouvent les matières colorantes dans les émaux.

L'observation précédente établit entre les émaux une distinction bien tranchée, qui a donné lieu de les diviser en deux classes.

La *première classe* comprend les émaux dans lesquels la substance colorante est libre dans le fondant, et ne s'y trouve qu'à l'état de mélange, comme dans la peinture à l'huile la couleur est mêlée à ce liquide. Nous les appellerons *émaux colorés par mélange.*

La *deuxième classe* réunit les émaux dont la matière colorante est en combinaison avec le fondant, qui en est devenu partie constituante. La matière colorante et le fondant forment une vitrification parfaite, jouissant de toutes les qualités du verre lui-même. Nous les nommerons *émaux colorés par combinaison.*

PRINCIPES DE LA COMPOSITION DES FONDANTS

La division que nous avons établie entre les émaux, n'est pas purement systématique et conçue dans un simple but d'ordre, pour faciliter l'étude des émaux. Elle est fondée sur des considérations pratiques de la plus grande importance.

La composition des fondants n'est pas arbitraire. Indépendamment des qualités particulières dont ils doivent être pourvus pour être inaltérables par eux-mêmes, comme ils servent d'intermédiaire entre le verre et les matières colorantes, il est nécessaire qu'ils soient appropriés à la nature du verre, pour y

adhérer d'une manière durable, et, en outre, qu'ils se conforment aux conditions des couleurs qu'ils doivent fixer avec eux. La nécessité pour les fondants de se prêter même à toutes les exigences des matières colorantes, est la principale cause qui rend nécessaire l'emploi d'un plus grand nombre de ces véhicules, ainsi que nous l'exposerons plus loin. Nous étudierons d'abord la composition des fondants dans leurs rapports avec la matière colorante.

Dans les émaux de première classe, il est nécessaire que le fondant soit de nature à maintenir le corps colorant dans l'état d'isolement auquel est attachée la coloration qu'on doit obtenir, et qu'il n'ait sur lui aucune action capable de changer ses qualités. Dans les émaux de deuxième classe, au contraire, il est indispensable que le fondant ait sur le corps colorant une influence active qui détermine la combinaison dont la coloration doit résulter. Nous allons développer quelques observations desquelles nous ferons ressortir les principes de la composition des fondants sous le point de vue que nous nous sommes d'abord proposé.

Les acides fixes se combinent avec les bases en toutes proportions; mais il existe pour ces composés un degré de saturation tel que, lorsqu'ils sont en fusion, ils ont aussi peu de tendance à s'unir à une plus grande quantité de base, qu'à une plus grande quantité d'acide. Cet état neutre se réalise dans la combinaison la plus fusible. Voici sur quoi se fonde notre assertion :

Si parmi les combinaisons d'un acide fixe avec une base peu ou point fusible, on prend celle qui jouit de la plus grande fusibilité, et qu'on essaie de com-

biner successivement de nouvelles quantités de base, on observe que la température doit être portée d'autant plus haut, que la quantité de base est déjà plus considérable. C'est ce qui a lieu pour les silicates de chaux, de fer, de cobalt, de cuivre, etc.

Si, au contraire, à une combinaison d'un acide fixe infusible avec une base, dans les mêmes conditions que la précédente, on veut ajouter successivement de nouvelles quantités d'acide, il est bien reconnu que la température devra également être augmentée en proportion de la quantité relative de l'acide en combinaison.

C'est pourquoi nous disons qu'en général, dans les composés formés d'un acide fixe et d'une base, à partir de la combinaison la plus fusible, l'augmentation de la base ou de l'acide exige un accroissement proportionnel de température, à moins que le corps qu'il s'agit d'ajouter ne soit très fusible, et qu'ainsi sa combinaison ne devienne indépendante de la chaleur.

En effet, l'exercice de la loi que nous avons énoncée se modifie, tantôt en faveur des bases, tantôt en faveur des acides, quand les uns ou les autres sont plus ou moins fusibles. Dans les silicates de plomb, l'accroissement de température nécessaire à la combinaison d'une plus grande quantité d'acide ne l'est pas également pour la base, puisque la fusibilité de celle-ci détermine son union avec la silice, indépendamment de la température. Mais nous avons un exemple du contraire dans les borates de fer, de cobalt, de cuivre, et ici la loi ne s'exerce guère qu'en faveur des bases, puisque la fusibilité de l'acide borique rend inutile l'augmentation de la température,

Cependant, ces sortes d'exceptions disparaissent dans les composés mêmes dont nous venons de parler, si, à l'élément fusible qu'il s'agit d'ajouter, on en substitue un d'une autre nature, qui soit infusible. C'est ce qui a lieu lorsque, par exemple, à un silicate de plomb on ajoute un oxyde de fer, ou lorsqu'à un borate de plomb on ajoute de l'acide silicique.

Nous concluons de ce qui précède, qu'à partir de l'état neutre dont nous avons parlé, la température nécessaire pour combiner un oxyde à un fondant donne la mesure de la tendance de ce fondant à se saturer davantage. Plus il est saturé, plus il s'unit difficilement à une plus grande quantité de base, pourvu que celle-ci soit peu fusible. Les proportions de base qu'il peut admettre en combinaison sont subordonnées à la température. A une température déterminée, la quantité de base relative est déterminée : si nous excluons, toutefois, les cas de fusibilité que nous avons prévus. De sorte que, si, dans les mêmes conditions, on ajoutait une nouvelle quantité de base, elle resterait en dehors de la combinaison. On a tiré parti de cette circonstance pour la composition des fondants des émaux de première classe.

Etant déterminée la température à laquelle les émaux doivent entrer en fusion, le degré de saturation qui lui répond est celui qu'il convient de donner au fondant, puisqu'on est assuré que les matières colorantes qui lui seront unies se maintiendront dans leur intégrité. Or, si nous adoptons pour point de fusion des émaux la chaleur rouge-cerise, l'expérience nous apprend qu'à cette température les trisi-

licates et les borates bibasiques de plomb, de soude et de potasse, alors en pleine fusion, ne peuvent se saturer davantage. En conséquence, lorsqu'il s'agira de colorer un émail avec un oxyde qui devra rester à l'état de simple mélange avec son fondant, on composera ce dernier avec les trisilicates et les borates bibasiques dont nous venons de parler.

Mais lorsqu'on voudra obtenir une coloration d'un oxyde qui doit entrer en combinaison avec le fondant, pour déterminer cette combinaison, le degré de saturation n'est pas rigoureusement limité, non plus que la température. S'il est rationnel, dans ce cas, d'employer un fondant moins saturé, on devra ne le faire que dans les limites qui permettront de conserver à l'émail ses qualités physiques indispensables. La température aidant, la combinaison de l'oxyde sera toujours obtenue. On voit que si les fondants des émaux de la première classe ont une composition spéciale, rigoureuse, il n'en est pas de même pour ceux des émaux de la deuxième classe. Ceux-ci ont cependant des conditions fort importantes à remplir, ainsi que nous le verrons bientôt.

Dans la composition des fondants pour les émaux de la première classe, nous avons pris pour base le degré de saturation qui répond au rouge modérément vif. Voici pour quelles raisons : d'abord le verre que l'on peint ne peut supporter qu'une chaleur peu intense, dont sa fusibilité donne la mesure, et l'on doit se tenir en deçà de ces limites ; en outre, le degré de saturation que nous avons signalé est celui dans lequel le fondant s'accommode le mieux à la dilatabilité du verre, sans sacrifier les autres qualités désirables dans les émaux.

Dans la préparation des émaux, l'état de [illegible] tion [illegible] la température que celui [illegible] subir ne sont pas les seules choses à considérer [illegible] est d'autres [illegible] accessoires qui ont aussi [illegible] importance. [illegible] revenir à combinaison [illegible] oxydes pour les émaux de première classe [illegible] la favoriser dans ceux de la deuxième. La [illegible] température [illegible] n'est pas toujours [illegible] atteindre d'une manière exacte. S'il arrive [illegible] dépasse pour les émaux de la première [illegible] fondant reprend aussitôt son empire sur [illegible] lorant; l'altération de cette substance est [illegible] tant plus grande que la quantité de fondant [illegible] considérable. De là l'indication de mettre [illegible] sortes d'émaux le moins possible de fondant.

Une raison importante prescrit de mettre [illegible] sible de fondant dans les émaux de [illegible] classe. On conçoit, d'ailleurs, qu'une [illegible] prégnation de l'oxyde favorise [illegible] son. Pour soustraire les émaux de [illegible] aux chances fâcheuses de la [illegible] aussi de mettre en fusion les [illegible] oxydes, avant de les employer [illegible] traire on ne fait usage des émaux [illegible] classe qu'après qu'une fusion [illegible] certitude de la parfaite combinaison [illegible] colorante.

Nous disions précédemment [illegible] trisilicate et du borate bibasique [illegible] parce qu'elle satisfaisait aux [illegible] tière colorante et à celle du [illegible] les qualités propres de l'émail [illegible] rigoureusement obligé de se [illegible]

limites, si l'on ne veut pas entrer dans des conditions fâcheuses que nous allons signaler.

Si l'on unit par la chaleur un silicate métallique avec un silicate alcalin, ils se dissolvent l'un dans l'autre. Est-ce en vertu d'un acte de combinaison, ou de simple mélange ?

Les observations de *M. Dumas* sur la cristallisation accidentelle du verre ont établi que les verres sont formés de silicates définis. Nous avons lieu de croire qu'ils sont à l'état de combinaison entre eux. Quoi qu'il en soit de la nature de ces silicates, leurs différents états de saturation apportent de nombreuses modifications dans les qualités de ces composés. Voici, toutefois, ce qu'il nous importe le plus de signaler :

M. Faraday a observé que si l'on augmente quelque peu la quantité d'oxyde de plomb que contient le flint-glass ordinaire, ce verre qui résistait fort bien à l'humidité, devient très hygrométrique, et sous l'influence de l'air humide, il ne tarde pas à se ternir. Cet effet nous a été confirmé à nous-même par nos propres expériences. Or, le flint-glass est un silicate composé dont les acides contiennent huit fois l'oxygène des bases. Dès que les verres, en général, contiennent une plus grande quantité de base, ils deviennent beaucoup plus attaquables à l'eau ; tels sont les verres à vitres, à glaces, etc., surtout quand ils ont subi le polissage : tous ces composés cèdent à l'eau bouillante du silicate alcalin soluble, et il s'en sépare un silicate terreux insoluble qui se précipite. C'est ce qui arrive aux différents degrés de saturation qui se trouvent entre l'octosilicate et le bisilicate. Mais, un fait extrêmement remarquable, que nous

avons observé en ...
beux, c'est que, ...
un alcali soluble ...
entrer une plus grande ...
réduit en poudre, ...
cate alcalin à l'eau ...
que instantanément.

Il résulte de ce ...
plombeux avec ...
à mesure ...
aucune ...
alors ce dernier ...
dissout immédiatement ...
qu'il n'en est pas ainsi ...
sés : car, dans les ...
cates basiques ...
verre à bouteille ...
indifférents ...
de combinaison ...

Mais nous ...
silicates ...
la peinture sur ...
fères. La raison ...
extrêmement ...
dilatabilité des émaux ...
la quantité ...
donner aux émaux ...
du verre. On ne saurait ...
cate alcalin. Dans ce qui ...
pour laquelle ...
dans la composition ...
dilatabilité nécessaires ...
à un état de saturation ...

de stabilité et deviendraient très altérables. A une température élevée, la potasse se sépare d'elle-même et se volatilise ; à froid, les émaux sont facilement attaqués par l'humidité. On évite cet inconvénient, en substituant le borate de soude à la potasse. Ce dernier, beaucoup plus fusible que le silicate de potasse, permet d'arriver à une fusibilité convenable, sans trop abaisser le degré de saturation. On obtient ainsi, à la fois, moins de coloration, moins d'altérabilité, et plus de dureté.

En résumé, nous dirons que :

1° Dans les émaux colorés par mélange, on ne doit employer pour fondants que des silicates dont les acides renferment au plus trois fois autant d'oxygène que les bases ;

2° Dans les émaux colorés par combinaison, une plus grande quantité d'oxygène dans les acides ne peut être que favorable, toutes conditions, d'ailleurs, étant remplies ;

3° Il ne faut pas produire d'émail plombifère renfermant un silicate alcalin à un état de saturation qui dépasse le trisilicate, c'est-à-dire renfermant une moindre dose d'acide, ou une plus grande quantité de base ;

4° On doit, dans tous les cas, satisfaire aux conditions de fusibilité, de dureté ou de dilatabilité qui sont indispensables.

Dans la composition des fondants, on réunit ordinairement des silicates et des borates de métaux différents, parce que les sels composés qui en résultent jouissent d'une plus grande fusibilité, et parce que ceux d'entre les silicates et les borates simples, qui pourraient être assez fusibles, n'auraient pas la blan-

cheur désirable, s'il[illegible]
cates et borates de [illegible]
nent une assez gran[illegible]
assez de fusibilité, ma[illegible]
d'autant plus pronon[illegible]
pourquoi on est ob[illegible]
quantité de silicate[illegible]
dre cette coloration [illegible]

Il serait avantageu[illegible]
qu'on fait entrer dan[illegible]
bles, comme ceux d[illegible]
Mais le besoin d'o[illegible]
site l'emploi des [illegible]
certaines limites, [illegible]
stabilité suffisante.

D'après les princi[illegible]
blerait que deux [illegible]
aux deux classes [illegible]
si dans la préparati[illegible]
que leur coloration [illegible]
à être appliqué[illegible]
dilatabilité que [illegible]
employés modifie[illegible]
siques des émaux[illegible]
il n'y a donc qu[illegible]
qu'on peut ramene[illegible]
latabilité qu'ils don[illegible]
d'admettre une gra[illegible]
parlant des émaux[illegible]
les fondants approp[illegible]
en citerons ici que[illegible]
comme exemples de[illegible]

Fondants pour émaux de la 1re classe

	N° 1.	N° 2.	N° 3.
Silice	1	3	2
Oxyde de plomb . .	3	8	6
Borax calciné. . . .	»	1	1

Le n° 1, appelé *rocaille* par Haudicquer de Blancourt, qui en a décrit la préparation dans son *Art de la Verrerie*, était autrefois employé comme émail, pour recouvrir les poteries communes. Ce fondant, dont l'état de saturation se prête merveilleusement à la préparation des émaux de première classe, ne saurait cependant être employé avantageusement dans tous les cas. Il arrive souvent qu'un oxyde colorant, mêlé avec lui, tend à le décomposer en favorisant la séparation de ses éléments. L'émail est alors altérable à l'air; sa surface perd son poli et devient pulvérulente.

Nous ne saurions dire de quelle nature est l'action du corps colorant: peut-être est-elle simplement mécanique, et son effet résulte-t-il de la grande division, et même de la porosité que donne à l'émail une poudre à l'état de simple mélange; peut-être aussi, l'oxyde de plomb a-t-il moins d'affinité pour la silice que le nouveau corps qui, en conséquence, tend à déplacer le premier. Toutefois, le fondant rocaille n'est employé avec succès dans les émaux de première classe que quand ceux-ci doivent être fondus préalablement à l'emploi. Alors le mélange plus intime du fondant avec les matières colorantes donne à l'émail une densité plus grande, qui le préserve de l'action de l'air : telle est l'explication que nous préférons. Quand l'émail ne doit pas être préalablement

fondu, il est utile de substituer au fondant rocaille les n°s 2 ou 3, qui n'en sont qu'une modification, et qui ont plus de stabilité.

Fondants pour émaux de la 2e classe

	N° 1.	N° 2.	N° 3.	N° 4.
Silice	3	1	3	3
Minium	3	8	6	6
Borax.	3	2	3	2
Nitre	»	»	1	»

C'est suivant les principes précédents que pourraient être préparés tous les émaux, si l'on ne se proposait que la bonne qualité de ces composés vitreux. Mais les émaux par combinaison, surtout, sont tellement influencés dans leur dilatabilité par certains oxydes, tels que le deutoxyde de cuivre et le deutoxyde de manganèse, que, pour détruire leur effet, on est obligé de ramener les fondants à un état de saturation qui ne permet plus d'employer les silicates alcalins, à moins de ne les y faire entrer qu'en si petites quantités, qu'ils soient enveloppés et protégés contre l'action de l'eau par les autres silicates.

Dans ce cas les fondants, se trouvant très saturés, deviennent moins propres à dissoudre les oxydes. Mais on peut alors, pour favoriser leurs combinaisons, employer des procédés que nous décrirons plus loin en parlant des émaux en particulier.

FUSION DES FONDANTS

Après avoir réduit en poudre, et pesé exactement les doses des différents corps qui doivent faire partie d'un fondant, il ne reste plus qu'à les mettre en fu-

sion. D'abord, on mêle les poudres en les triturant dans un mortier. Quand le mélange est intime, on place le tout dans un creuset couvert que l'on chauffe au fourneau de fusion, d'abord doucement, ensuite fortement, jusqu'à ce que la masse soit en fusion tranquille, et qu'il ne s'y forme plus de petites bulles. On retire alors le creuset, et l'on verse doucement le produit dans un vase plein d'eau froide. On le recueille ensuite et on le fait sécher sur du papier. L'action de l'eau froide le met en petits fragments qui se réduisent plus facilement en poudre. Autrement, il se prendrait en masse vitreuse, difficile à pulvériser. On opère de même, quand il s'agit de combiner un fondant avec son oxyde colorant, pour la préparation d'un émail de seconde classe, et en général, dans toutes les vitrifications des fondants ou des émaux.

Il importe de ne préparer les émaux qu'avec des substances aussi pures que possible, si l'on veut que les couleurs soient fraîches et pures. En conséquence, il est nécessaire de bien connaître les qualités des matières que l'on doit employer.

GÉNÉRALITÉS SUR LA PRÉPARATION DES ÉMAUX

La préparation des émaux, qui comprend une foule de particularités pour chacun d'eux, se résume cependant en deux modes généraux, suivant qu'ils sont colorés par mélange ou par combinaison.

Dans le premier cas, on fait choix, comme nous l'avons dit, d'un fondant riche en base, et, dans le même but, on fait en sorte que l'oxyde colorant soit le moins longtemps possible en contact avec le fondant en fusion. A cet effet, on ne les mêle ensemble

que par la porphyrisation, et le mélange n'est chauffé que quand il est mis en œuvre sur le verre : encore n'y fait-on entrer que la quantité de fondant strictement nécessaire pour que l'émail ait du corps, soit lisse et glacé après la cuisson.

Dans le deuxième cas, 1° il faut choisir un émail où les acides dominent autant que possible; 2° il est nécessaire, en outre, de les fondre préalablement ensemble à une forte chaleur, pour faciliter la réaction; 3° il faut aussi que le fondant y soit en aussi grande quantité que possible, sans nuire à la richesse de la coloration ; 4° enfin que l'oxyde soit libre de toute combinaison qui pourrait rendre difficile son union avec le fondant.

Telles sont les différences capitales qui existent entre les émaux, sous le rapport de leur composition et de leur préparation. Nous devons ajouter à cela quelques considérations qui leur sont communes, sur les moyens de modifier leurs qualités, suivant les circonstances.

Eu égard à la transparence, les émaux colorés par mélange se distinguent remarquablement des émaux colorés par combinaison. On imagine facilement qu'une matière colorante, opaque, disséminée dans une masse vitreuse, diminue la translucidité de celle-ci, de sorte que l'émail qui en résulte, est moins perméable à la lumière que celui qui se colore par une matière dissoute dans le fondant, qui lui sert de véhicule. Il est évident aussi que, dans le premier cas, la matière colorante opaque diminue la transparence du fondant, en raison de la quantité qui s'y trouve. Donc, on augmente la transparence des émaux en diminuant la quantité relative de la matière colo-

rante. Mais ce ne peut être qu'aux dépens de la coloration ; et de plus, dans les circonstances où celle-ci n'a pas besoin d'être d'une grande intensité, ce sera aussi porter atteinte à la stabilité de sa coloration ; car nous savons que plus le fondant abonde, plus il a d'action sur les acides colorants. Quant à la transparence des émaux de deuxième classe, elle ne peut être diminuée qu'en y ajoutant des corps qui lui donnent de l'opacité.

La dureté des émaux croît avec la quantité de silice, toutes choses égales d'ailleurs. Il en est de même de leur résistance à l'action des agents chimiques. On produit par conséquent l'effet opposé en faisant dominer la base.

Il nous reste à parler de la dilatabilité. Cette propriété, qu'il est bon de mettre en harmonie avec celle du verre, se modifie assez facilement dans les émaux. Nous croyons avoir observé, à ce sujet, dans les borates, silicates et borosilicates de plomb, que la base produit ordinairement l'effet opposé à celui de l'acide. Nous ne saurions dire de quel côté est le plus ou le moins : si celui-ci augmente la dilatabilité, ou si celui-là la diminue ; il nous suffit de savoir que quand un émail se gerce, on le ramène facilement à la dilatabilité convenable, tantôt en diminuant, tantôt en augmentant la quantité d'oxyde de plomb. Presque toujours le premier moyen est celui qu'il convient d'employer.

GÉNÉRALITÉS SUR LES SUBSTANCES COLORANTES

La plupart des substances colorantes des émaux sont des oxydes métalliques. Tantôt ils sont simple-

ment mêlés à la matière vitreuse, tantôt ils sont combinés à la silice, et forment probablement des sels doubles avec les silicates et les fondants. Ce qui vient à l'appui de cette dernière hypothèse, c'est l'analogie des émaux avec les autres verres. On sait que dans ces composés, tels silicates alcalins qui sont solubles dans l'eau, quand ils sont isolés, deviennent complètement insolubles, s'ils sont unis à d'autres silicates, comme ceux de chaux, de plomb, d'alumine, etc.

Or, il n'y a que le fait de la combinaison de ces corps entre eux qui puisse modifier ainsi leurs propriétés.

Dans les émaux colorés par mélange, on n'emploie pas toujours un oxyde colorant seul; quelquefois, on en fait entrer plusieurs préalablement combinés ensemble. Mais les combinaisons qu'ils forment entre eux sont toujours indépendantes du fondant.

Les oxydes qui se trouvent réunis dans un émail de ce genre ne se colorent pas comme le ferait le mélange de leurs couleurs propres; mais ils lui donnent des nuances spéciales qu'ils tiennent de leur état de combinaison.

Dans les émaux de la deuxième classe, on emploie souvent plusieurs oxydes; mais ils ne sont pas unis l'un à l'autre, et la teinte produite n'est que le résultat du mélange des couleurs qu'ils développent, chacun en particulier.

La combinaison des oxydes entre eux offre, pour la préparation des émaux, des ressources précieuses. Tantôt ces combinaisons donnent aux oxydes plus de résistance à l'action du fondant, tantôt, au contraire, elles favorisent leur dissolution dans ce dernier. On comprend d'avance comment les unes sont

mises à profit pour les émaux de première classe, et les autres utilisées pour ceux de la deuxième. Dans le premier cas, par exemple, on combinera le peroxyde de fer avec l'oxyde de zinc, parce que le premier, en vertu de cette union qui jouit d'une grande stabilité, sera beaucoup plus rebelle à l'action du fondant, et qu'il pourra ainsi donner à l'émail une coloration particulière.

Dans le deuxième cas, au contraire, on combinera l'oxyde de cobalt avec l'oxyde de plomb, afin que leur union qui a peu de stabilité, mette le premier de ces corps dans un état de division favorable à l'action du fondant. On remplira cette indication d'une manière très simple, si au lieu de préparer d'avance un fondant pour l'unir à la matière colorante en le faisant fondre une seconde fois, on chauffe l'oxyde colorant mêlé avec des substances qui doivent composer le fondant; car l'oxyde de plomb, qui en fait partie, dissoudra cet oxyde colorant, et le préparera ainsi à s'unir à la silice avec plus de facilité. C'est pourquoi nous n'hésitons pas à prescrire cette méthode pour la préparation des émaux de la deuxième classe en général. Nous ne connaissons pas de raison grave qui exige l'emploi des fondants vitrifiés d'avance, comme pour les émaux colorés par mélange.

L'union de deux oxydes constitue un véritable sel, dans lequel l'un joue le rôle de base, l'autre celui d'acide. Nous allons présenter une série de ces corps où sont rangés dans l'ordre de leur énergie ceux qui remplissent le rôle de base et ceux qui servent d'acide :

Oxydes acides	Acide antimonique.
	Acide antimonieux.
	Acide stannique.
Oxydes indifférents .	Protoxyde d'étain.
	Oxyde d'antimoine.
	Oxyde de chrome.
	Sesquioxyde de manganèse.
	Peroxyde de fer.
	Oxyde d'aluminium.
	Oxyde de zinc.
Oxydes basiques. . .	Protoxyde de fer.
	Protoxyde de manganèse.
	Protoxyde de plomb.
	Oxyde d'argent.
	Oxyde de bismuth.
	Protoxyde de cobalt.
	Bioxyde de cuivre.

Nous citerons quelques exemples des composés dont nous venons de parler, parmi ceux qui sont fréquemment mis en usage :

Antimonite de plomb	Jaune.
— de cobalt.	Vert foncé.
— de cuivre.	Vert pistache.
— de peroxyde de fer.	Jaune de cire.
— de zinc.	Jaune.
Zincate de fer.	Jaune d'ocre.

On conçoit qu'on peut former un grand nombre de combinaisons analogues à celles que nous venons de rapporter. On obtient avec ces composés une foule de nuances mixtes que l'on appelle, en peinture, des *tons rompus*, et qui sont d'une grande ressource pour l'artiste ; tels sont :

Le ferrate de manganèse.
— de chrome.
— de cobalt.
— de cuivre.
Le manganate de cobalt.
— de cuivre.
— de chrome.
Le cuprate d'argent, etc.

VI. FABRICATION DES VERRES MOUSSELINES

On fabrique des verres mousselines colorés uniformément, ou de plusieurs tons, par le procédé suivant :

Après avoir nettoyé à sec la surface du verre, au moyen d'un chiffon ou d'un peu de craie, on y étend une première couche de couleur vitrifiable, soit verte, jaune ou bleue. Cette couleur bien broyée est étendue à consistance convenable avec un peu d'eau gommée ; on régularise la surface avec un blaireau dans le sens de la largeur de la feuille d'abord, puis dans le sens de la longueur ensuite. On fait ainsi disparaître toutes les inégalités de la brosse. On fait sécher ensuite à une douce chaleur. Quand toute l'eau s'est évaporée, on applique sur la surface du verre un carton découpé suivant le dessin à exécuter ; on frotte avec une brosse dure pour enlever la couleur pulvérulente et dénuder les parties qui doivent être transparentes. La feuille de verre est ainsi propre à être transformée en verre mousseline.

A cet effet, elle est mise sur une surface plane qui doit recevoir un châssis sur lequel on tend, soit un tulle, soit une mousseline unie, brodée ou brochée ; s'il y a des parties brochées, on les met en concor-

dance avec les ornements déjà formés par le pochoir, puis on passe dans la boîte à poussière.

Cette boîte est hermétiquement fermée ; elle renferme à la partie inférieure un réservoir dans lequel se trouve une certaine quantité de couleur blanche en poudre impalpable et parfaitement sèche. Au moyen d'un soufflet, on fait arriver dans cette caisse de l'air qui détermine un nuage, lequel se répand uniformément dans la boîte, et vient se déposer régulièrement sur la feuille de verre qu'on a glissée dans le fond par une trappe réservée sur la face antérieure de la boîte. La poussière n'adhère pas au verre, elle se dépose tout aussi bien sur le verre que sur les trames qui constituent le tulle ou la mousseline. En enlevant le châssis avec précaution, on voit apparaître les dessins que la dentelle, le tulle ou la mousseline ont réservés.

Il faut fixer la couleur qui n'a pris aucune adhérence ; on porte alors les feuilles dans une chambre à vapeur, où l'on injecte de la vapeur d'eau qui détrempe la gomme et fixe la poussière ; on peut alors cuire au moufle pour faire adhérer la couleur et la rendre mate et inaltérable.

On peut, à l'aide de tours de mains particuliers, obtenir des dessins très variés en déposant deux couleurs et plus, de façon à modifier les nuances par juxtaposition ou superposition. On fait usage de couleurs opaques ou transparentes, ou bien encore de couleurs agissant par la cémentation, telles que le jaune Jean Cousin ; il en résulte des effets très remarquables.

VII. ÉMAUX ARTISTIQUES

PAR MM. APPERT ET HENRIVAUX

D'une manière générale les émaux transparents ou opaques peuvent être appliqués sur toutes les matières susceptibles de supporter, sans se brûler, sans fondre ou sans éclater, la chaleur nécessaire pour les faire entrer en fusion. Ces matières sont la terre (faïence, grès ou porcelaine), le verre, la lave et les métaux, principalement l'or, l'argent, le cuivre et le fer; mais il faut, sous peine d'accidents irréparables, que leur composition soit en rapport de dilatation avec la matière qui est appelée à les recevoir.

Une application industrielle importante est celle qui consiste à recouvrir, à protéger, à l'aide d'un émail, les objets en fer ou en fonte.

L'application de l'émail sur les différentes matières que nous venons d'énumérer a reçu le nom général d'émaillage; mais on réserve exclusivement le nom d'émaillerie à l'art d'émailler les métaux, et, par métonymie, on donne le nom d'émail à tout objet en métal recouvert, en totalité ou en partie, d'émail; on dit : un émail byzantin, un émail de Limoges, un émail de Petitot, etc.

Sur les métaux, l'application de l'émail se fait de quatre façons différentes : dans la première, l'émail *incrusté* dans le métal, n'est pour ainsi dire que l'accessoire de la décoration dont les contours ou le dessin sont formés par le métal lui-même; dans la seconde, il couvre entièrement la partie du métal qui est décorée : dans ce cas il est *translucide*, et la décoration gravée en relief sur le fond même du métal apparaît sous l'émail; dans la troisième, c'est

l'émail lui-même, couvrant le métal [illegible]
par opposition de tons, ou seulement [illegible]
leur de tons, forme la décoration [illegible]
le métal sert simplement d'excipient [illegible]
comme la toile, le bois, ou le papier [illegible]
ture à l'huile ou à l'aquarelle ; dans [illegible]
enfin, employée particulièrement dans [illegible]
la bijouterie, l'émail appliqué sur [illegible]
du métal n'est là que pour en [illegible]
sa couleur.

Dans ces quatre applications [illegible]
premières correspondent à [illegible]
tinctes ; les émaux incrustés ou [illegible]
l'antiquité, et surtout au [illegible]
XIVe siècle, les émaux translucides [illegible]
au XIVe et pendant une partie [illegible]
émaux peints datent de la fin [illegible]
restés en vogue jusqu'à la fin [illegible]
bissant une transformation.

ÉMAUX INCRUSTÉS

Les procédés employés [illegible]
émaux sont de deux sortes [illegible]
qui consiste à remplir d'émail [illegible]
le creusement ou le champlevage [illegible]
qui sert d'excipient ; et [illegible]
que les parties creusées [illegible]
métal, suivant un dessin tracé [illegible]
liées ensemble par des arêtes [illegible]
constituant autant de petites [illegible] différentes
cevoir des pâtes d'émail [illegible] sont usés et polis
après le passage au feu, les émaux [illegible]
de manière à venir affleurer le métal et à former avec

lui une surface plane et bien unie. Ce procédé, connu dans l'antiquité, a été repris au XI[e] siècle; nous verrons plus loin qu'il a subi plusieurs modifications, ou du moins qu'il a été employé de façon à donner des résultats variés, bien que le principe soit resté toujours le même.

Les objets ainsi décorés sont généralement en cuivre ou en bronze ; on les distingue sous le nom d'*émaux champlevés*.

Dans l'autre procédé, qui était également connu dans l'antiquité, mais que les Byzantins ont remis en pratique dès le VI[e] siècle, les pâtes de différentes couleurs sont enserrées entre des cloisons formées par de petites lames extrêmement minces de métal, placées sur champ et contournées suivant les traits intérieurs et extérieurs du dessin, quelquefois assez compliqué, qui doit être émaillé : ces lamelles, soudées sur le fond, permettent d'isoler les différentes couleurs d'émail dont on remplit leurs intervalles. Ce procédé, qui a été employé presque exclusivement sur des plaques d'or destinées à rehausser par leur richesse et l'éclat chatoyant de leurs couleurs les couronnes et les ornements royaux, les autels et les objets destinés au culte, les plaques d'évangéliaires, etc., a reçu le nom d'*émail cloisonné*.

En Allemagne et particulièrement dans les ateliers des bords du Rhin, on a quelquefois associé les deux procédés du cloisonnage et du champlevage sur des émaux généralement en cuivre qui prennent alors le nom d'émaux mixtes.

ÉMAUX TRANSLUCIDES

Les émaux sont dits translucides sur relief ou de basse-taille (1) lorsque la surface du métal a été gravée en creux de façon à former une sorte de bas-relief recouvert entièrement d'émaux transparents, dont la coloration augmente d'intensité selon qu'ils se trouvent sur des parties creusées plus ou moins profondément. Ce procédé, beaucoup plus artistique que les précédents, a été appliqué sur des objets ou des plaques d'or ou d'argent, d'assez petites dimensions généralement : suivant toute probabilité il a été trouvé en Italie, tout à la fin du XIIIe siècle et a été pratiqué un peu partout, mais particulièrement en France et en Allemagne, aux XIVe et XVe siècles.

EMAUX PEINTS

On appelle généralement émaux peints ceux dont le métal, qui sert d'excipient, est recouvert en son entier d'une couche d'émail qui peut être décoré suivant divers procédés donnant des résultats assez différents les uns des autres. Au XVIe siècle, on se servait, pour les fonds, d'un émail noir, brun ou bleu foncé, sur lequel la décoration, figures ou ornements en émail blanc, se modelait par transparence, suivant le degré d'épaisseur de cet émail sur

(1) On les désignait ainsi dès le commencement du XVIe siècle, probablement pour les distinguer des émaux peints récemment inventés : « Un calice » (don de Charles VI), émaillé de basse-taille, champ d'azur, etc. (invent. de l'église Saint-Denis, 1534) ; un petit tableau d'or, en forme de table d'autel, fermant à deux ouvrants, au milieu duquel est une émaillure de basse-taille, le « Crucifiement » (invent. de Charles-Quint, 1536).

le fond. C'est le procédé qui, à cette époque, était particulier à Limoges, et que l'on désigne sous le nom d'émail limousin ou genre limousin.

Au XVIIe siècle, on remplaça le fond coloré par un fond entièrement blanc sur lequel on peignait avec des couleurs variées ; ce genre, qui dans son procédé d'exécution et dans ses résultats se rapproche de la peinture sur porcelaine, a reçu plus particulièrement le nom d'émail des peintres.

VIII. ÉMAUX DE BIJOUTERIE

Les émaux employés en bijouterie sont presque toujours appliqués sur des feuilles d'or au titre de 20 carats, parce que le cuivre, le laiton, l'argent, exposés à une haute température, exercent par leur oxydation des effets nuisibles sur certaines couleurs. Cependant quand il s'agit d'émaux transparents, on emploie des alliages dont la coloration augmente par réflexion l'éclat de l'enduit ; par exemple, un alliage d'or et d'argent pour l'émail vert, un alliage d'or et de cuivre pour l'émail rouge (1).

Pour la même raison, on grave quelquefois des dessins sur la plaque d'or, les traits gravés produisant, par leur reflet inégal, un effet agréable à travers les émaux transparents.

Avant d'appliquer l'émail, on fait chauffer légèrement l'objet d'or; on le plonge ensuite dans l'acide nitrique bouillant étendu d'eau, et on lave dans l'eau.

(1) Lorsqu'on veut exécuter des émaux transparents sur des objets en cuivre, on recouvre d'abord le cuivre d'une faible couche d'émail, sur laquelle on applique une mince feuille d'or qui sert de fond à l'émail transparent.

On broie les émaux à l'eau pure, et on lave la poudre jusqu'à ce que l'eau s'écoule limpide du dépôt. On introduit l'émail dans un vase plat et on en décante l'eau ; la poudre reste couverte d'une faible nappe.

Avec une petite spatule en fer, on couvre l'or d'une couche d'émail, que l'on comprime légèrement ; de cette manière on peut appliquer plusieurs couches l'une à côté de l'autre, sans risquer qu'elles se confondent pendant la fusion.

L'épaisseur des couches d'émail détermine leur plus ou moins grande transparence et l'intensité des couleurs.

Quand l'or est en feuille si mince que l'on craint des dérangements au feu, on recouvre le revers d'une couche d'émail.

Aussitôt que l'application de l'émail est terminée, on sèche par compression à l'aide d'un linge. Ensuite on sèche et on vitrifie dans un four à moufle.

On suit attentivement les progrès de la cuisson ; on déplace et on tourne les objets pour que toutes leurs parties reçoivent le même effet de la chaleur, et quand la vitrification est complète, on retire les objets vers l'ouvreau, où ils se refroidissent lentement.

S'il est nécessaire, on applique une deuxième couche d'émail et on vitrifie de nouveau.

Pour donner plus de lustre à l'émail, on dégrossit sa surface à la bouillie de sable, on doucit à l'émeri, et on polit au rouge de fer.

Quelquefois on recouvre l'émail d'une couche de fondant que l'on polit après vitrification. Cette manière d'opérer est usitée pour préserver les peintures.

Lorsqu'on a besoin d'incruster dans l'émail des ornements d'or qui, à leur tour, sont revêtus d'émail, on pose ces ornements sur l'émail et on vitrifie de nouveau ; la réunion est parfaite.

IX. ÉMAUX A RELIEFS

Une feuille d'or étant estampée en creux, suivant le modèle désiré, on en remplit les cavités avec de l'émail de différentes couleurs, et on comble le reste avec une couche d'émail qui sert de remplissage. On pose ce moule rempli d'émail sur le bijou à décorer, de manière que l'émail vienne en contact avec le bijou ; on réunit celui-ci avec le moule à l'aide de fils d'or. On vitrifie au four. Il ne reste plus qu'à détruire la feuille d'or qui sert de moule. Après avoir couvert le bijou d'une couche de vernis copal, on plonge le tout dans l'eau régale, où l'or se dissout.

On peut enjoliver les bas-reliefs ainsi obtenus en les fouillant au burin d'agate.

X. ÉMAILLAGE DES MÉTAUX COMMUNS

Lorsque l'on s'adresse aux métaux communs, les émaux ne s'unissent pas chimiquement avec eux, comme avec le verre ; il n'y a qu'une union mécanique.

L'art d'émailler les métaux présente de grandes difficultés. Avec les métaux qui n'ont qu'une faible affinité pour l'oxygène, l'émail dont on veut les recouvrir ne doit pas exiger pour sa fusion une température égale à celle où le métal entrerait lui-même en fusion. Avec les métaux qui ont, au contraire, une puissante affinité pour l'oxygène, il faut que

l'émail coule à leur surface et la recouvre avant que celle-ci puisse s'oxyder ; autrement l'émail se détacherait aisément du métal. Un corps oxydé ne contractant pas facilement d'union avec un autre qui ne l'est pas, les deux matières ne sauraient adhérer l'une à l'autre par le mélange. Il est donc indispensable de provoquer l'adhérence de la portion oxydée avec celle qui ne l'est pas en donnant à cette dernière une surface inégale et raboteuse.

Les émaux pour les métaux, doivent, en outre, présenter cela de particulier que lorsqu'on les broie avec de l'eau, ils ne se laissent pas enlever par celle-ci une portion de leurs parties constituantes ; de plus, que leur poudre fine ne puisse pas, par le broyage, se transformer en un hydrate, se décomposant ensuite au feu et donnant des bulles ou bouillons qui s'opposent à l'adhérence de l'émail sur le métal, surtout sur le fer qui, dans ce cas, se recouvre d'oxyde.

L'expérience a démontré que l'émail ne peut adhérer que sur une surface métallique bien exempte d'oxyde de carbone ou de corps renfermant du carbone. L'état brut ou raboteux de la surface du métal favorise beaucoup l'adhérence mécanique de l'émail au métal. Ces faits ont été contestés et on a soutenu qu'une surface oxydée était une condition nécessaire ; on a cru qu'une surface métallique couverte d'oxyde se trouvait alors dans les mêmes conditions que celles des matières céramiques ou poteries, ce qui est évidemment contraire à la nature des matières en question. Cependant, il est possible qu'une oxydation extrêmement faible sur la surface métallique qu'on se propose de recouvrir d'émail, favorise

l'affinité des matières qui doivent être mises en contact.

Afin d'obtenir le résultat exigé, on plonge ordinairement le fer dans l'acide sulfurique étendu ; il vaudrait mieux faire usage de l'acide chlorhydrique, attendu qu'il forme avec le fer des combinaisons plus solubles et plus difficiles à décomposer que l'acide sulfurique. Par cette immersion, le fer est débarrassé à la surface de l'oxyde qui s'y était formé, ainsi que de quelques autres matières qui proviennent de la fonte, et en même temps cette surface acquiert un toucher rude et inégal. Dans cette opération, le carbone combiné à la fonte se trouve mis à nu et déposé sur le fer, d'où il faut l'enlever, ce qui n'est possible qu'en frottant vivement la surface décapée dans les points où elle doit recevoir la couverte d'émail. Après ce travail, les objets en fer sont lavés, séchés promptement et complètement, afin de les mettre à l'abri d'une nouvelle oxydation.

De même qu'une surface métallique qui présenterait des taches d'oxyde en quantité sensible serait sujette à faire exfolier l'émail, de même le carbone qui adhérerait à cette surface déterminerait la formation de bulles et de bouillons dans l'émail, attendu qu'à une haute température, l'oxygène de l'air qui se trouve alors présent donnerait lieu à la transformation du graphite en gaz oxyde de carbone ou en acide carbonique.

Une condition indispensable au succès, c'est que les matériaux dont l'émail se compose aient été préalablement transformés en une fritte homogène par la fusion, afin que, lorsqu'on charge la surface du métal, il ne se produise pas, lors de la fusion et

de l'union des matières, les inconvénients provenant d'une surface oxydée ou souillée par du graphite ou du carbone, et que nous venons de signaler.

Enfin, plus l'émail est fusible et moins l'objet à émailler se trouve exposé de temps au danger de l'oxydation. Dans le cas contraire, on court le risque de manquer les pièces et d'avoir beaucoup de rebut. Cette fusibilité désirable ne peut être donnée à l'émail que par la combinaison dans des proportions convenables de terres avec des fondants alcalins ou bien des oxydes de plomb ou de bismuth.

De ce qui précède, il est évident qu'avant d'apposer un émail sur une plaque de tôle, il est nécessaire de préparer cette opération en mettant en contact direct avec le métal une couche d'un fondant approprié, qui remplisse le rôle de la couverte dans les poteries, ou de modifier la composition de certains émaux pour leur donner cette qualité. C'est là ce qu'on appelle le *fondant* ou *assiette* dans l'émaillage des métaux et dont nous allons nous occuper spécialement.

FONDANTS OU ASSIETTES

De nombreuses études ont été faites sur les fondants, tant au point de vue général qu'à celui particulier de l'émaillage des métaux.

Tout le monde sait que l'émail consiste en une base vitreuse rendue opaque par un oxyde qu'on peut appeler émailleur, et de plus que l'opacité est produite par le simple mélange de l'oxyde émailleur avec la base vitrifiable.

Cette base vitrifiable semble exiger tout aussi bien que les émaux, pour être de qualité convenable, la

présence du plomb. Toutefois, de même que pour les poteries on a cherché à diminuer ou à supprimer la proportion de plomb dans la couverte, les mêmes tentatives ont été faites pour l'émaillage sur métaux.

Les assiettes qui, à la chaleur blanche, se frittent, il est vrai, mais aussi se contractent et présentent des ondulations, doivent être absolument rejetées. Par leur contraction, elles laissent à découvert une partie des surfaces métalliques sur lesquelles l'émail n'adhère point. D'un autre côté, les assiettes trop fusibles, par exemple les verres de gobeleterie et à vitres qui coulent facilement, ne recouvrent pas convenablement. Le verre mélangé à un peu de quartz en poudre réussit beaucoup mieux, quoiqu'il se fritte difficilement et donne des surfaces qui manquent de poli. La chaux et l'alumine en poudre, mélangées au verre, donnent une combinaison trop infusible.

MM. Jordan père et fils ont longuement étudié cette question dans une série d'expériences multiples, puis ensuite *M. Salvétat*, chargé vers 1846, du service de l'installation du laboratoire d'émaillage à Sèvres, a publié sur ce sujet des travaux du plus haut intérêt qui résument la question, et auxquels nous nous reporterons dans ce qui va suivre.

L'analyse des divers fondants trouvés dans le commerce a montré qu'ils renfermaient tous les mêmes éléments, bien qu'en proportions différentes, à savoir : de la silice, de l'acide borique, de l'oxyde de plomb, des alcalis, potasse et soude.

Les qualités d'adhérence ont surtout lieu lorsque la proportion d'oxyde de plomb n'est pas trop élevée, 27 à 28 0/0.

L'examen des divers résultats obtenus, comparati-

vement à la composition de ces fondants, a conduit M. Salvétat à une nouvelle composition par synthèse d'un produit résumant les qualités de ceux étudiés sans en reproduire les défauts. Cette ou mieux ces compositions sont les suivantes :

Oxyde de plomb. . . .	28,10	27,51
Acide borique.	5,49	4,04
Alcalis	17,21	16,14
Acide silicique.	47,70	49,00
Chaux, magnésie . . .	1,50	3,31
	100,00	100,00

Appliqués sur le fer à une très faible épaisseur, ces mélanges prennent un aspect noirâtre, et sous une épaisseur plus considérable un aspect opalin, une apparence opaque qui ne doit être attribuée qu'à de petites bulles emprisonnées dans la masse, et masquant alors sa limpidité. Le second est plus glacé que le premier ; l'adhérence est complète, c'est-à-dire que sous le choc de coups de marteaux, la couche vitreuse résiste, ne s'écaille pas et ne s'enlève pas par morceaux.

Ces chocs, évidemment, ne peuvent pas dépasser une certaine intensité, car alors il n'y a pas de substance offrant la moindre adhérence. En revanche, ces matières sont beaucoup moins fusibles que d'autres n'offrant qu'une adhérence médiocre ou moyenne dans lesquelles la proportion d'oxyde de plomb s'élevait à près de 40 0/0.

En cherchant alors à reproduire ces fondants à l'aide de matières premières nouvelles, M. Salvétat est arrivé à formuler ainsi leur préparation ;

Sable d'Étampes	48
Minium	30
Borax fondu	8
Carbonate de potasse à 28 0/0 d'eau.	14
	100

On peut remplacer le carbonate de potasse par celui de soude, sans rien changer à la qualité du produit, qui prend seulement une teinte plus verte. Ce fondant appliqué par quatre couches successives sur une plaque de fer à des feux répétés dix fois, n'a présenté ni bouillon ni soufflure, et offrait une bonne résistance.

Si l'on cherche à représenter cette composition au point de vue de sa constitution après la fonte, on a, en employant le nitre :

Silice	48
Oxyde de plomb	29
Potasse et soude	10
Potasse du nitre	5.25
Borax	8
	100.25

ce qui conduit à conclure que cette matière n'est autre que du cristal fondu avec du nitre et du borax ou du cristal fondu avec de l'acide borique et du carbonate de soude.

Mais comme en employant le cristal tout fabriqué, on ne peut pas être certain des proportions des matières constituantes, notamment de celle de l'oxyde de plomb qui joue un si grand rôle, M. Salvétat conseille de préparer le fondant de toute pièce avec des produits chimiques purs et définis exactement, et voici les proportions employées :

Sable.	48	Silice presque pure, 0,10 seulement de matières étrangères.
Minium	30	
Carbonate de soude .	30	
Acide borique. . . .	10	
	118	

Nous devons aussi, avant de terminer, dire quelques mots sur des travaux spéciaux dus à M. Salvétat, qui a cherché, en introduisant des matières céramiques, à modifier l'adhérence du fondant et du métal, ainsi que les rapports de dilatabilité de ces deux substances et la diminution de la proportion d'oxyde de plomb. Pour cela il a cherché si l'on ne pourrait pas sur une couche de fondant disposer une autre couche de pâte céramique mêlée ou non avec le fondant, le tout recouvert d'une dernière couche de ce fondant. Les essais ont porté sur des matières diverses et il en est résulté un procédé particulier employé à Sèvres, où l'on se sert des débris de porcelaine tendre ou de faïence fine pulvérisés, ce qui forme *la pâte céramique pour fer*, et qui sert à opacifier le fondant.

Jusqu'ici nous avons parlé d'un fondant en quelque sorte incolore, qui sous une certaine épaisseur prend seulement un aspect opalin. Mais il est possible de lui donner un ton déterminé qui, dans certains cas, peut fournir un fond utile aux décorations qu'on devra faire ensuite par-dessus. Le peroxyde de manganèse, l'oxyde de cobalt, l'oxyde de cuivre et d'urane fournissent des tons : noir, bleu, bleu turquoise et jaune.

Ces fondants peuvent être appliqués directement sur le fer, ou sur le premier fondant préalablement cuit,

en présentant les qualités du premier fondant incolore.

Les travaux de MM. Jordan, auxquels nous avons déjà fait allusion, sont antérieurs à ceux de M. Salvétat. Il est toutefois intéressant de citer parmi les nombreuses compositions qu'ils avaient essayées celles qui donnent les meilleurs résultats.

N° 1

Un composé de :

Spath fluor	45,45
Gypse calciné	45,45
Silice	9,09

a fourni une masse d'un beau blanc mat, feuilletée, translucide dans les parties minces, et d'une pesanteur spécifique assez considérable, qui, après 5 minutes de feu seulement, a parfaitement adhéré sur la fonte.

N° 2

On a formé un fond avec :

Silice	26,66
Craie	26,66
Argile d'Elbingerode	13,33
Carbonate de potasse..	26.66
Minium	6.66

et on a obtenu une masse vitreuse, blanc jaunâtre, homogène, translucide, qui, en 5 minutes, s'est étendue et a adhéré fortement sur la fonte, en présentant une couleur blanchâtre.

N° 3

La masse composée de :

Silice	45
Carbonate de soude sec	24
Chaux hydratée	8
Argile d'Elbingerode	7
Litharge	17

s'est fondue en un verre translucide, et en 5 minutes de chaleur rouge intense a adhéré solidement sur le fer.

N° 4

La masse suivante, composée de :

Carbonate de soude sec	35
Silice	35
Chaux hydratée	10
Argile d'Elbingerode	8
Chlorure de plomb	12

a fourni un verre blanc verdâtre, homogène, largement nacré, translucide. Elle a fondu en 5 minutes sur le fer. En réduisant le verre en poudre et le faisant bouillir avec de l'acide nitrique, on trouvait dans la liqueur du chlore et du plomb. Dans la combinaison des ingrédients, le chlorure de sodium ne s'était pas séparé de la masse.

N° 5

On a pris 33 parties de silice, 3 d'argile lavée d'Elbingerode, et on y a ajouté 14,5 parties de litharge et 0,5 partie de salpêtre. On a mis le mélange en fusion parfaite. La masse fondue était blanc de lait, bulleuse, et par une chaleur rouge modérée, elle a bien adhéré sur la fonte qu'elle a recouverte d'un enduit d'un grand éclat. Un essai consécutif sur la quantité d'oxyde de plomb contenue dans cette cou-

verte après la fusion, a démontré qu'elle s'élevait à 35,60 pour 100.

N° 6

Lorsqu'on mélange 2 parties de litharge, 4,373 parties de silice et 0,5 de potasse, et qu'on met en fusion complète, on obtient également une masse très propre à faire une couverte, et dans laquelle on trouve après la formation jusqu'à 29,268 d'oxyde de plomb.

Dans les assiettes terro-alcalines plombeuses, dont les recettes ont été données avant ces dernières, il y a infiniment moins d'oxyde de plomb après la cuisson.

ÉMAUX

Les verres purs, translucides, ayant beaucoup d'éclat et de poli, aisément fusibles, ou bien qui sont composés de matériaux qui fondent facilement, et qui, après la fusion, restent translucides et brillants, se nomment des vernis ou couvertes. Si on donne de l'opacité à ces vernis ou couvertes par un corps réduit en poudre très fine, et plus difficilement fusible, jusqu'à ce que le fond sur lequel ils sont étendus ne s'aperçoive plus à travers, alors on a formé un émail.

Les émaux, considérés en général, sont plus ou moins blancs, mais de plus on peut leur donner une infinité de couleurs.

L'émail blanc des poteries est connu depuis bien longtemps ; pour produire cet émail, on profite de la propriété que possède l'oxyde de plomb, combiné avec une certaine quantité de silice et de potasse, de former un verre translucide, dense et incolore, qu'on transforme ensuite en émail, au moyen de l'oxyde d'étain qui est peu fusible. Cet émail est pulvérisé

très fin et porté sur les pièces en terre à l'état de bouillie, en le délayant dans l'eau, puis on le fixe par le secours de la chaleur.

On a cherché à perfectionner ce procédé : d'abord pour les poteries d'un beau blanc, en diminuant la dose d'oxyde de plomb, et, enfin, en la supprimant entièrement, parce qu'on s'est aperçu que ce corps, lorsqu'on l'employait en quantité trop considérable, nuisait beaucoup, par sa décomposition, à la beauté et à l'éclat des produits.

Pour le remplacer, on a eu recours aux alcalis, et on s'est aperçu que ces fondants, quoique combinés en trop grande quantité, n'avaient pas d'effet sensiblement nuisible, attendu que cet excès trouvait dans l'objet à émailler une matière avec laquelle il pouvait s'unir sans danger. D'un autre côté, on a vu qu'il n'y avait rien non plus à redouter d'une dose trop forte de fondant alcalin, puisqu'on pouvait y suppléer aisément par une élévation de température, ou un séjour plus prolongé dans les fourneaux des objets à émailler. Toutefois, des expériences maintes fois répétées ont démontré que les produits émaillés de la sorte ne possédaient pas le bel aspect gras de la couverte à l'oxyde de plomb, et que ce nouvel émail était en définitive plus dispendieux que le dernier. On en revint donc à l'oxyde de plomb, qu'on a cherché à combiner avec d'autres substances dans des rapports tels que les objets présentassent toutes les propriétés et les avantages des vernis plombifères, sans en avoir les défauts.

De nombreuses expériences ont été faites sur ce sujet, nous parlerons d'abord de celles dues à MM. *Jordan* père et fils.

Une fois les émaux plombeux rejetés, on a dû d'abord, dans la fabrication d'un émail, faire choix, autant que possible, de matières qu'on puisse obtenir en abondance et à bas prix. Par conséquent, il faut d'abord avoir recours aux compositions où entrent les verres blancs, les quartz, les os calcinés au blanc, l'argile, la craie, le gypse, le spath pesant, le sel marin et le carbonate de potasse associés à l'oxyde d'étain.

On a essayé, pour fabriquer des émaux, de se servir, au lieu d'oxyde de plomb, d'oxyde de bismuth, mais il est beaucoup inférieur et revient plus cher.

Ces corps sont mélangés, dans des proportions qui varient, introduits dans un bon fourneau à vent et amenés, par une chaleur blanche soutenue pendant deux heures, à un état d'union intime. C'est ainsi qu'on a fabriqué un certain nombre d'émaux bien fondus et de bonne qualité, à en juger au moins par leur aspect extérieur, et qui possédaient une densité convenable et n'étaient que peu ou point bulleux. Tous présentaient cependant le défaut d'être trop peu fusibles pour émailler les métaux aisément oxydables, tels que la fonte. On n'a trouvé qu'un petit nombre d'entre eux qu'on pût amener dans le moufle d'un fourneau d'essai fortement chauffé à se fritter en cinq minutes. Appliqués sur les poteries, ils ont fourni des résultats satisfaisants, non-seulement parce qu'ils couvraient bien, mais ils ont aussi donné un vernis dur, d'un grand éclat et insoluble.

On est donc disposé à croire que les émaux alcalino-terreux ne sont pas applicables sur le fer; la facile oxydation de ce métal et la haute température dont on a besoin se sont opposées aux tentatives

[illegible]

qu'on a [illegible]

[illegible]

émaux [illegible]

[illegible]

avant [illegible]

[illegible]

Néanmoins [illegible]

sans flux [illegible]

[illegible]

cas, il faut [illegible]

d'avoir [illegible]

a une [illegible]

temps [illegible]

l'avoir [illegible]

température [illegible]

qu'il est [illegible]

[illegible]

cas que [illegible]

autres [illegible]

ment en [illegible]

Dans [illegible]

portion [illegible]

verre, [illegible]

jouisse de la propriété [illegible]

ce qui [illegible]

d'émail, par une fusion parfaite [illegible]

fait entrer, puis ajouter [illegible]

pâte se trouve à une température un peu [illegible]

élevée; alors on agite la masse, on laisse encore quelques minutes au feu, et on coule.

Les propriétés émaillantes de l'oxyde d'étain ne sont réellement énergiques que lorsqu'il est parfaitement préparé.

Les émaux alcalino-terreux possédant une trop grande infusibilité, on a eu recours à d'autres matériaux, plus chers, il est vrai, mais donnant de meilleurs résultats.

On a fait usage de la silice, de l'alumine et de la chaux, la dernière en partie à l'état de phosphate ou d'os pulvérisés finement et calcinés au blanc.

L'expérience a démontré que ces ingrédients combinés dans un grand nombre de proportions entre eux, peuvent se vitrifier. Si on y ajoute du carbonate de soude ou du borax, ou ces deux corps à la fois, en proportions telles qu'on obtienne un verre facilement fusible, alors il faut avoir soin de composer celui-ci de telle manière qu'une ébullition prolongée dans l'eau et les acides faibles dont on fait usage dans l'économie domestique, ne puissent l'attaquer. Ces sortes de verres fusibles ne peuvent guère contracter une odeur d'hydrogène sulfuré, et il n'est pas possible de les colorer ou d'en détruire l'éclat par certains aliments, tels que les choux, la choucroute, etc.

On n'a ajouté également l'oxyde d'étain à ces émaux qu'après leur vitrification complète. On y a combiné aussi avec avantage de 12 à 15 pour 100 de salpêtre, afin d'oxyder au plus haut degré les matières colorées, qui, comme l'oxydule de fer et le charbon se trouvent communément mélangées aux matériaux qui servent à composer l'émail et de leur

enlever ainsi leurs propriétés colorantes. La potasse que le salpêtre, après sa décomposition, laisse dans le mélange, doit être toujours considérée comme fondant. On obtient aussi le même résultat par une addition de peroxyde de manganèse et d'arsenic; mais le peroxyde de manganèse colore les émaux à un degré assez considérable, même lorsqu'il y entre en faible proportion; quant à l'arsenic, il faut le rejeter toutes les fois que les émaux sont destinés à être en contact avec des matières alimentaires.

On a préparé de cette manière différents émaux qui avaient une belle couleur blanche, et qui ne présentaient qu'une faible translucidité sur les bords. Ces émaux fondaient aisément à la flamme d'une lampe à huile, et possédaient après le refroidissement un éclat remarquable et du brillant; ils résistaient enfin à tous les agents qui peuvent attaquer les émaux dans les divers emplois économiques.

Voici la composition d'un de ces émaux :

N° 1

Proportions en centièmes des ingrédients bruts employés		Composition en centièmes après l'élimination au feu des matières volatiles.	
Argile d'Elbingerode { Alumine hydratée.	3,533	Alumine	2,919
Argile d'Elbingerode { Silice. .	4,689	Silice.	23,461
Silice.	14,097	Chaux	5,224
Chaux hydratée . .	5,580	Soude	21,217
Carbonate de soude calciné	28,928	Borax.	21,079
Borax fondu. . . .	16,887	Potasse.	5,119
Salpêtre	8,810	Oxyde de manganèse	0,091
Peroxyde de mang^se	0,073	Os calcinés	6,965
Os calcinés	5,580	Oxyde d'étain . . .	13,935
Oxyde d'étain . . .	11,160		100,010
	99,337		

Cét émail est d'un très bel aspect et aisément fusible à la flamme d'une lampe.

Il constitue une couverte uniforme, brillante et d'une application facile dans la pratique.

Comme les émaux alcalino-terreux, même dans leur état de plus grande fusibilité, résistent encore beaucoup à l'influence fondante des alcalis, on a essayé d'ajouter à l'un de ces métaux 10 pour 100 d'oxyde de plomb pour affaiblir cette propriété embarrassante. En effet, cette petite quantité d'oxyde de plomb a suffi pour produire une fusibilité plus grande et plus de fluidité.

La formule qui suit offre un exemple rentrant dans le dernier cas dont nous venons de parler :

N° 2

Proportions en centièmes des ingrédients bruts employés.		Composition en centièmes après l'élimination au feu des matières volatiles.	
Alumine hydratée	9,453	Alumine	7,819
Silice	14,128	Silice	17,706
Chaux hydratée	4,726	Chaux	4,442
Carbonate de soude sec	27,883	Soude	20,532
Borax	17,331	Borax	21,721
Salpêtre	7,878	Pótasse	4,595
Oxyde de plomb	8,275	Oxyde de plomb	10,333
Os calcinés	2,363	Os calcinés	2,961
Oxyde d'étain	7,878	Oxyde d'étain	9,873
	99,915		99,982

Email blanc, homogène, nacré, aisément fusible à la flamme de la lampe.

Les émaux alcalino-terreux plombeux sont les plus anciens et les plus étudiés. Les plus simples consis-

tent uniquement en silicates alcalino-plombeux, rendus opaques par de l'oxyde d'étain, ainsi qu'on les préparait déjà au temps de Néri ou de Kunkel.

C'est à peu près la composition de l'émail tel qu'on le prépare encore à Venise. Cet émail blanc jaunâtre renferme communément un peu d'oxyde d'antimoine. Tous ces émaux ou couvertes ont un bel éclat opalin ou de cire, et sont très fusibles quoiqu'un peu épais.

On ne peut jamais parvenir, sans oxyde de plomb, à donner aux émaux un éclat opalin et gras; par conséquent ces émaux ne sauraient être recommandés pour couvrir un grand nombre d'ustensiles employés dans l'économie domestique. Mais ils sont excellents comme fonds ou assiettes pour la peinture en émail, attendu que les bases alcalines et l'oxyde de plomb n'altèrent presque aucune matière colorante et ne les font guère passer au mat.

On ne peut nier que le plomb ajouté en trop grande quantité, par exemple jusqu'à la moitié du poids de la masse, ne soit une chose très nuisible dans l'emploi économique des ustensiles de ménage. Une addition de chaux peut aussi favoriser notablement la décomposition des verres très plombeux, car l'oxyde de plomb fondu avec la chaux, donne un composé soluble dans l'eau. La silice, l'alumine et la soude ne paraissent pas former des composés insolubles, avec des proportions trop considérables de chaux et de plomb. Enfin une addition considérable de chaux, et qui dépasse 20 pour 100, donne déjà au verre commun une grande disposition à s'exfolier.

Tous les émaux à base de chaux, d'alcali et de plomb, jetés à l'état de poudre fine dans l'eau distillée, et agités pendant quelque temps, donnent bientôt un liquide qui a une réaction alcaline sur les couleurs. Le gaz sulfhydrique réagit également sur la liqueur.

Pour diminuer la tendance à la décomposition que possèdent les émaux plombeux, on a essayé d'y combiner le plomb avec les autres matières tantôt à l'état de litharge, tantôt à celui de sels plombiques peu solubles, tantôt enfin à celui de chlorure de plomb. Ces matières ont été combinées de telle façon que 11 à 24 pour 100 d'oxyde de plomb suffisaient pour les compositions. Les produits fondus qu'on a obtenus ont été reconnus être de véritables combinaisons, d'après tous les signes tant extérieurs que chimiques; ils formaient un émail homogène, brillant, se fondant aisément à la flamme de la lampe, et adhérant bien au fer. Tous les fragments du même émail ont montré une égale densité et une pesanteur spécifique identique, qui n'ont guère changé après l'addition de l'oxyde d'étain.

Dans une de ces compositions, on fait usage du sulfate de plomb; on a bien obtenu un émail ainsi qu'il a été dit précédemment, mais il s'était formé à sa surface une couche distincte de sulfate de soude. En analysant cet émail, on a trouvé encore une quantité notable d'acide sulfurique en combinaison dans la masse.

Le chlorure de plomb et le phosphate du même métal donnent dans les mêmes conditions des émaux semblables :

N° 3

Proportions en centièmes des ingrédients bruts employés.		Composition en centièmes après l'élimination au feu des matières volatiles.	
Argile d'Elbingerode — Alumine hydratée . .	4,136	Alumine	3,214
Argile d'Elbingerode — Silice . .	5,463	Silice.	35,150
Silice.	24,390	Chaux	8,615
Chaux hydratée . .	9,756	Soude	18,559
Carbonate de soude sec	26,829	Oxyde de plomb. .	17,230
Litharge	14,634	Oxyde d'étain. . .	17,230
Oxyde d'étain. . .	14,634		99,998
	99,842		

Email blanc de lait, non bulleux, translucide sur les bords. Il s'est bien fritté sur le fond ou assiette, après cinq minutes de feu.

N° 4

Silice.	31,413	Silice.	36,730
Carbonate de soude sec.	22,438	Soude.	15,414
Carbonate de potasse	9,349	Potasse.	7,453
Sel marin.	3,897	Sel marin.	1,048
Chaux hydratée. .	8,976	Chaux	7,870
Litharge	13,462	Oxyde de plomb. .	15,740
Oxyde d'étain . . .	13,462	Oxyde d'étain. . .	15,740
	102,997		99,995

Email homogène, où l'on ne remarque que çà et là quelques bulles.

N° 5

Proportions en centièmes des ingrédients bruts employés.		Composition en centièmes après l'élimination au feu des matières volatiles.	
Silice	28,000	Silice.	33,700
Litharge	21,000	Oxyde de plomb. .	24,375
Oxyde d'étain. . .	11,000	Oxyde d'étain. . .	11,750
Carbonate de soude sec	4,000	Soude et potasse du salpêtre.	7,600
Borax.	30,000	Borax.	10,160
Argile d'Elbingerode	4,000	Alumine	1,700
Salpêtre.	8,000	Chaux	1,200
Craie	2,000		98,485
	108,000		

Email blanc, homogène, d'un grand éclat, aisément fusible à la flamme de la lampe, adhérant aisément et parfaitement et avec beaucoup d'éclat sur les assiettes n° 34 et n° 35.

Toutes les recettes qui précèdent fournissent un émail blanc opaque en masse, quelquefois translucide sur les bords.

COLORATION DES ÉMAUX

Souvent les ustensiles de ménage émaillés ont besoin d'être colorés; et dans quelques pays on fait usage d'ornements en fonte, de pièces diverses, de poêles, de cheminées, etc., enduits d'un émail coloré.

Colorer d'une manière agréable et uniforme les diverses compositions d'émail est une opération qui présente des difficultés.

Avant tout, il faut que les couleurs qui entrent

dans cet émail aient une nuance qui plaise à l'œil, et qu'elles ne soient pas trop sombres; ensuite, on ne peut faire choix que des oxydes colorants des métaux fixes qui ne se décomposent pas à la température à laquelle on cuit l'émail. Enfin il est indispensable de transformer d'abord la base de l'émail en un verre translucide, de le colorer comme on le désire, et d'y ajouter ensuite la substance émaillante pour en former une couverte vitreuse.

Il ne sera pas ici question des couleurs pour la peinture sur émail, qui a des règles toutes différentes.

Des portions sensibles d'oxyde de fer ou d'oxyde d'antimoine ont constamment des effets nuisibles sur un émail pur et blanc, en lui donnant toujours un reflet plus ou moins jaunâtre ou rougeâtre. Des traces d'oxyde de cuivre ont moins d'influence et produisent seulement les mêmes effets que le bleu employé dans le blanchiment.

L'expérience seule pourra apprendre les effets que les matières alcalines qui entrent dans la composition des émaux produisent sur leur coloration.

On obtient un *bleu saphir* avec de l'oxyde de cobalt pur. Si on veut un bleu tirant sur l'*améthyste*, on peut ajouter à l'oxyde de cobalt l'oxyde de manganèse. La couleur sera *rougeâtre* ou *brunâtre* lorsqu'on emploiera l'oxyde de manganèse seul. Avec le carbonate d'oxydule de manganèse, on peut produire un *rouge tirant sur le bleuâtre* assez agréable.

Le *jaune opalin* s'obtient avec de l'oxyde d'urane ou avec du chromate de plomb et de l'oxyde d'antimoine. Si on veut produire un *jaune topaze*, il faut faire usage de sulfure d'antimoine avec un peu

d'oxyde de fer. Veut-on avoir un *jaune d'ocre* au moyen de l'oxyde de fer, alors il faut maintenir la matière colorante au plus haut degré d'oxydation dans le mélange. Le salpêtre, le frittage de la base de l'émail, favorisent le développement de cette couleur. Les bases des émaux ne se combinent pas avec l'oxyde de fer; elles sont rendues *opaques et rouges* par cette matière, avec laquelle elles ne font en grande partie que se mélanger.

Le *vert émeraude* est donné par les oxydes de cuivre ou de chrome. On peut modifier de bien des manières cette teinte avec les oxydes de cobalt et de fer.

Le verre *vert* ou *aigue-marine* se produit le plus aisément avec du sulfure d'antimoine et un peu d'oxyde de cobalt.

On colore rarement l'émail avec l'or; du reste, la couleur pourpre que ce métal produit est trop connue pour que nous entrions dans des détails à ce sujet.

La couleur brun que donne le platine, malgré ses bons effets, est rarement employée dans l'émaillage qui nous occupe.

Voici, à l'égard des émaux colorés, les recettes indiquées par M. Salvétat.

	Bleu clair	Bleu violet	Bleu foncé
Sable	825	825	825
Minium	500	500	500
Carbonate de potasse à 50 0/0 de potasse	400	400	400
Oxyde de cobalt	1,5	1,5	3
Oxyde de manganèse	»	3	3

	Vert bleu	Vert bleuâtre	Vert jaunâtre
Sable	825	825	825
Minium	500	500	500
Carbonate de potasse à 50 0/0 de potasse.	400	400	400
Oxyde de cuivre.	80	60	15
Oxyde de chrome.	»	8	15

L'or à l'état de pourpre employé à très faible dose. 0,5 à 0,7, avec le même fondant donne des rubis clairs, des rubis foncé et groseille.

DÉCORATION SUR LES ÉMAUX

Lorsqu'une pièce de métal a été ainsi émaillée, si l'on veut pousser la décoration plus loin, en un mot y appliquer une peinture spéciale, que M. Salvétat appelle peinture sur émail sous fondant, les décorations étant exécutées sur métal émaillé, mais recouvertes de fondant, on peut préparer un certain nombre de matières, limité, il est vrai, à cause des conditions spéciales qu'elles doivent remplir. En effet, l'on n'est pas aussi indépendant ici que pour la peinture sur porcelaine, où chaque couleur, n'ayant que son fondant propre, peut être aménagée convenablement d'après les matières qui y entrent. Ici, le même fondant recouvrira toutes les matières qui ne devront pas être ainsi altérées par ce fondant recouvrant, lequel devra à son tour être en rapport avec le fondant qui entre dans la composition de la couleur. Il est vrai que si l'on employait un émail blanc assez fusible pour qu'à la température de cuisson, il pût de lui-même se combiner avec les oxydes composant la couleur, celle-ci n'aurait plus besoin de

fondant propre, et des deux conditions précédemment énoncées, la seconde ne subsisterait plus. Toutefois cet avantage serait compensé par les difficultés qu'on rencontrerait pour bien poser les couleurs, trop fluides alors.

M. Salvétat emploie comme fondant incorporé dans les couleurs mêmes, la composition suivante :

Sable.	3
Minium.	6
Borax fondu.	1

qu'on mélange simplement avec des préparations diverses, dont nous donnons ci-après les compositions les plus usitées :

Noir solide

Fondant.	1		
Mélange calciné au rouge blanc	1	Oxyde de chrome. .	2
		— de fer. . . .	1,5
		— de cobalt . .	1

Brun de bois

Fondant.	1,25		
Chromate de fer. . .	2,5	Zinc métallique . . .	2
Oxyde à brun de bois	2,5	Fer métallique. . . .	2
		Oxyde de cobalt. . .	0,4

En mélangeant du rubis clair ou foncé décrit plus haut, avec du pourpre, on peut avoir du carmin et du pourpre.

Le fondant pour glacer ces couleurs est composé de :

Sable.	825
Minium.	500
Carbonate de potasse à 500/0 d'eau.	125

Enfin on peut décorer les émaux par des peintures en couleurs vitrifiables dont nous avons déjà parlé et sur lesquelles nous ne reviendrons pas.

APPLICATION ET CUISSON DE L'ÉMAIL

L'émaillage des métaux exige, à cause de sa nature même, quelques précautions que nous n'avons pas eu à signaler dans les cas qui précèdent. Le broyage exécuté sous l'eau ne doit pas être poussé aussi loin que pour les couleurs vitrifiables, ou pour la peinture sur verre. C'est là une condition essentielle pour éviter les bouillons à la cuisson. Il faut briser et non pulvériser la matière. Certains émailleurs prétendent qu'il est indispensable de laver les émaux broyés, à l'acide nitrique, sans quoi ils perdraient leur limpidité. Il est probable que cet accident peut provenir d'une altération lente du verre qui constitue les émaux, et que si ceux-ci étaient bien conservés à l'abri de l'air et de l'humidité, cette précaution serait alors superflue.

Avant de passer à l'émaillage, il faut, comme nous l'avons déjà dit, décaper parfaitement le métal ; si cette précaution était omise ou mal remplie, l'émaillage manquerait absolument. Détail pratique également essentiel, lorsque l'on émaille de la tôle, comme pour toutes les plaques indicatrices si répandues aujourd'hui, plus la tôle sera aigre, et mieux l'émaillage réussira.

On peut étendre l'émail broyé à l'aide d'une spatule, et l'on éponge l'eau en couvrant d'un linge spongieux, puis on peut avec le plat de la spatule égaliser la couche dans les points très défectueux, et l'on cuit.

Une seule couche d'émail n'est presque jamais suffisante, il y a toujours quelques vides, une seconde couche régularise la surface. Elle doit être absolument unie, sans bouillon, sans gerces ; lorsqu'il vient à s'en produire, on corrige les défauts à la râpe et au burin, crevant les bulles, égalisant les saillies, défonçant les crevasses, et après avoir bouché avec de l'émail en poudre, on repasse au feu. Lorsque les pièces offrent une grande surface, il est plus avantageux de poser l'émail broyé sec par saupoudration, en facilitant le dépôt par une légère couche de solution gommée posée au pinceau sur la plaque, puis on met sécher les pièces dans un four très chaud. Un enduit trop épais se crevasse aisément ou éclate après la cuisson. Lorsqu'il est sec, on porte les pièces dans la chambre au dégourdi, d'où, lorsqu'elles ont acquis la température convenable, on les transporte dans le moufle pour parfondre la couverte. Il faut avoir soin, avant d'introduire une seule pièce, que ce moufle ait atteint la température nécessaire.

Quand le travail de la cuisson est terminé, on enlève rapidement ces pièces du moufle pour les transporter dans la chambre au dégourdi : on les place dans les points où la température est le plus élevée et peu à peu on les pousse dans ceux où cette température est de moins en moins haute, afin qu'elles puissent se refroidir et se contracter avec lenteur. On peut couvrir des pièces d'émail en une seule ou plusieurs fois ; mais, dans tous les cas, la fusion de cet émail s'opère toujours ainsi qu'il vient d'être dit. Les pièces étant terminées sont portées dans les magasins.

La dessiccation de l'enduit humide marche assez

rapidement, mais le dégourdi doit avoir une marche plus accélérée encore, elle doit s'opérer en quelques minutes ; l'enduit humide, mais non encore complètement desséché, noircirait promptement dans la chambre. Les matières non volatiles ou riches en carbone qui ont servi à porter et à faire adhérer les substances pulvérulentes sur les pièces se décomposent, et aussitôt que le carbone libre de cet enduit est en contact avec l'oxygène de l'air dans cette chambre, il se volatilise promptement et l'enduit devient blanc. C'est à peu près à cet instant qu'on transporte les pièces à l'entrée du moufle, où on les laisse quatre minutes au plus, suivant leur volume. Au bout de ce temps, on les fait glisser au milieu de ce moufle, et, de cet endroit, on les pousse, si cela est nécessaire, dans la partie la plus éloignée et la plus chaude ou le fond, où on les laisse quelques minutes, ou au moins le temps nécessaire pour que la fusion et la cuisson soient complètes. Lorsque l'enduit est en fusion parfaite, il paraît uni et a un aspect gras. Quand on a atteint ce point, on rapproche les pièces de l'entrée du moufle, où elles passent bientôt après dans la chambre à recuire indiquée cidessus. Les pièces creuses émaillées à l'intérieur ont besoin d'être soulevées de temps à autre, pour que la chaleur pénètre complètement dans cet intérieur. La rapidité avec laquelle on conduit la cuisson est un élément qui en assure le succès.

La température des fourneaux à émailler doit être assez élevée pour que l'émail en poudre dont on fait usage fonde aussi promptement que possible sur le métal. Un fourneau dont le moufle est en fer, et où on garantit les objets du contact direct de la flamme,

est suffisant pour les travaux en émail en petit. Si le moufle, pour éviter autant que possible l'introduction de l'oxygène et pour maintenir la température nécessaire, n'a pas d'ouverture pour le tirage, et si celle de la porte est close avec un bon tampon, alors le fourneau devient propre à émailler les métaux ordinaires. Si on craignait l'altération des pièces par la poussière d'oxyde de fer qui se détache et voltige, alors on pourrait très bien construire le moufle en carreaux d'argile bien cuits.

Pour le fourneau à émailler les grosses pièces, par exemple les diverses parties des poêles en métal émaillé, les ustensiles ou les objets de ménage de grande dimension, on se servira avantageusement des fourneaux à réverbère ordinaires, mais il faut qu'ils soient bien établis et qu'on puisse aisément y porter la température à un point plus élevé que celle dont on a communément besoin. Ce qu'on nomme le moufle, dans ce fourneau, est une voûte en briques qui s'étend sur une hauteur convenable dans toute la longueur du fourneau. La sole en est établie en briques : d'un côté du moufle est un foyer qui y envoie la chaleur par quatre ou cinq ouvertures. A l'une de ses extrémités, le moufle est fermé par un mur, et à l'autre il est clos par une porte à deux vantaux. Cette porte doit être bien lutée avec de l'argile ou close avec des briques. Chacun des vantaux porte une petite tirette par laquelle on peut observer ce qui se passe dans le fourneau. Dans quelques usines, les moufles sont munis de portes semblables à chacune de leurs extrémités. Le côté du moufle opposé au foyer porte trois ou quatre autres ouvreaux par lesquels le moufle laisse passer

la chaleur et la flamme qui servent à chauffer une chambre particulière où les objets recouverts de l'émail sèchent et dégourdissent. Les pièces passent non seulement de cette chambre dans le moufle, mais elles y retournent ensuite après la cuisson pour y perdre en partie leur haute température. Quelques fourneaux sont munis encore d'une espèce d'arche sous le moufle, où s'opère le dégourdi et le refroidissement sur des plaques de fonte sous lesquelles on brûle quelques charbons.

En quittant la chambre au dégourdi, les produits de la combustion passent dans une cheminée.

ÉMAIL SE FIXANT SANS FEU

Quelques manufacturiers belges ont introduit dans leurs fabriques de verre et de porcelaine un nouvel enduit qui peut être fixé sans passer au feu.

Dans ce procédé, on emploie deux solutions : la première, composée de 100 parties de potasse forte et 10 parties d'acétate de soude, que l'on mélange avec 10 parties d'acétate de plomb dans 100 parties d'eau. La seconde solution se compose de 50 parties de borax dans 100 parties d'eau chaude et 20 parties de glycérine. On mélange alors 60 parties de la solution n° 1 et 40 parties de la solution n° 2, et on applique cette mixture sur les objets. Après cela on les place dans un bain composé de 1 partie de borax dans 12 parties d'eau, 50 parties d'acide fluorhydrique et 10 parties d'acide sulfurique. Au bout de 10 minutes, les objets sont lavés à l'eau claire et l'enduit apparaît aussi brillant que s'il avait été passé au feu.



CHAPITRE XXVII

LA MOSAÏQUE

Si l'on emploie parfois, principalement dans la mosaïque architecturale, des fragments de pierres naturelles, de marbre, même de terre cuite, comme on en a retrouvé des exemples dans des mosaïques anciennes, il est beaucoup plus fréquent de faire usage de matières vitrifiées pour composer les mosaïques murales, de plafonds et de voûtes, ainsi que celles qui entrent dans la fabrication de certains meubles et des bijoux.

Ces matières vitrifiées sont en réalité des fragments de verre ou d'émail colorés différemment, et dont la composition peut varier dans de grandes limites ; à Rome, où existent depuis fort longtemps des fabriques de mosaïque très importantes, on fait usage de la composition suivante :

Sable	130
Salpêtre	6
Minium	60
Carbonate de soude	40
Fluorure de calcium	30
Groisil ou émail pilé	50

La pâte formée par ces matières pulvérisées et délayées dans l'eau est colorée, selon la nuance voulue, par l'addition dans la masse d'une proportion plus ou moins grande d'oxydes métalliques tels que

le manganèse pour le violet, le cobalt pour le bleu, le cuivre pour le rouge et le vert, le nickel pour le brun, le platine pour le gris, l'urane pour le jaune et le noir, etc. (1).

La pâte séchée, pulvérisée et mise dans un creuset est fondue dans un four analogue à ceux des verriers ; la fusion de l'émail donne une masse pâteuse que l'on verse sur un marbre froid et qui fournit un plateau ou galette. Avant que celui-ci soit complètement solidifié, on le transporte dans une arche à refroidir, qui est chauffée par les chaleurs perdues du four et où la température de l'émail ne s'abaisse que lentement. Ce recuit, qui a pour but d'établir l'équilibre moléculaire de la masse vitrifiée, demande à être conduit avec beaucoup de soin, car les moindres effets de trempe rendent le verre très fragile et sujet à s'émietter quand on le divise. L'émail doit donc être parfaitement recuit pour se prêter à une fragmentation régulière ; il doit en outre être d'un poids spécifique peu élevé, absolument opaque et présenter un aspect ni trop sec, ni trop brillant.

Une fois refroidi, le gâteau d'émail est divisé en fragments à peu près cubiques au moyen d'un marteau à tranchant (*martellina*) ; l'ouvrier a devant lui un outil ou coupoir (*tagliolo*) encastré verticalement dans un bloc de bois ou de pierre (fig. 234) ; il pose le gâteau à plat sur le tranchant de ce coupoir et à l'aide de son marteau applique un coup sec sur l'émail. Une bande se détache, qu'il recoupe ensuite de la même façon dans une direction perpendiculaire. Il obtient ainsi de petits fragments de dimen-

(1) Voir l'article *Verres colorés*, chap. XXIII

sions variables suivant le degré de finesse de la mosaïque à composer, et que l'on appelle *smaltes*.

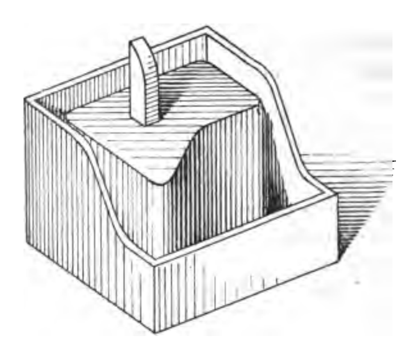


Fig. 234. — Coupoir pour la taille des smaltes.

Les smaltes ne doivent pas être absolument cubiques ou prismatiques, il convient de leur donner une forme légèrement pyramidale afin de faciliter leur pénétration dans le ciment, la face la plus large étant celle qui doit rester apparente quand la mosaïque est terminée.

On se sert souvent, surtout pour les fonds, de smaltes dorés ou argentés; le plus ancien procédé pour les obtenir, le meilleur aussi malgré ses inconvénients, consiste à verser l'émail fondu sortant du creuset, sur une feuille d'or ou d'argent excessivement mince étendue sur une plaque de marbre.

Le gâteau d'émail, avec sa feuille de métal précieux adhérente, est refroidi dans l'arche à recuire comme il est expliqué ci-dessus, mais auparavant on a soin de couler une mince couche de verre transparent à la surface du métal, pour le protéger.

La division du gâteau en smaltes s'opère au marteau, et à l'aide du coupoir, comme pour l'émail de couleur ; mais il arrive souvent dans cette opération que la couche de verre rapportée, et aussi la feuille métallique, se détachent de la masse sous le choc du marteau.

Les smaltes constituant une mosaïque sont réunis entre eux et à la surface qui leur sert de soutien au moyen de ciments. Suivant leur destination ces ciments sont de diverses sortes : le ciment de fond, le ciment d'implantation et le ciment au mastic.

Le premier, destiné à constituer la couche de fond sur laquelle s'appuient les éléments de la mosaïque, présente en Italie la composition suivante :

Pouzzolane pulvérisée. .	10,5	parties	(en poids)
Chaux éteinte.	8,5	—	—
Brique pulvérisée. . . .	4,5	—	—
Eau.	1	—	—

(La pouzzolane est une scorie provenant de la décomposition d'une roche volcanique).

Le ciment d'implantation, formant la couche dans laquelle on implante les smaltes et qui doit constituer les joints, a une composition analogue au précédent, avec cette différence que la chaux y entre en plus grande proportion et qu'il est délayé avec plus d'eau :

Pouzzolane	8,5
Chaux éteinte	10,5
Brique pulvérisée	4,5
Eau	3

Le ciment au mastic, ou simplement mastic, est composé de la manière suivante :

Chaux.	25
Travertin en poudre.	60
Huile de lin crue.	10
Lie d'huile de lin cuite	6

Le travertin est une roche calcaire commune en Italie et que l'on rencontre aussi en France. Il peut être remplacé par d'autres calcaires ayant un degré de finesse analogue.

A défaut des ciments ci-dessus, les mosaïstes emploient souvent le ciment ordinaire, le ciment de Portland et les divers ciments hydrauliques; les qualités essentielles qu'on doit demander à ces substances sont la finesse, une bonne adhérence, la stabilité dans la constitution moléculaire et la résistance aux agents atmosphériques.

La couche de ciment de fond est généralement appliquée sur une surface plane horizontale ou verticale. Dans le but d'augmenter l'adhérence du ciment, cette surface de support doit être rendue rugueuse, si elle ne l'est naturellement : dans le cas de la pierre ou de la brique, on prépare la surface au marteau ou au ciseau; dans le plâtre, on enfonce des clous à bateau, ou des fils de fer façonnés en crochets; dans le bois, on implante également des clous à tête plate; si la surface est métallique, on y pratique à l'aide du burin des entailles faites de façon à laisser des copeaux adhérents; ces copeaux légèrement relevés forment griffes et retiennent le ciment.

Parmi les outils que le mosaïste doit avoir à sa disposition, les plus essentiels sont le coupoir dont nous avons parlé précédemment, puis un marteau à découper les marbres (*martellina da pietra*) (1), un

marteau à découper les smaltes (II), un marteau et un ciseau à fouiller le plâtre (III et IV), des fers à encaustiquer (*ferri da stucco*) (V à VII), une truelle et une spatule à ciment (VIII et IX), et une pince pour saisir les smaltes et les cubes de marbre (X). Ces différents outils sont représentés à la figure 235. Il faut encore une meule (fig. 236) montée sur un établi de tourneur et servant à adoucir les angles des smaltes ou corriger leurs formes; enfin un casier (*scatola da degradatione*) dans lequel le mosaïste range les smaltes par nuances (fig. 237).

Nous allons dans ce qui suit exposer les principales méthodes usitées pour la mise en place des éléments de la mosaïque et pour l'achèvement de ce travail, c'est-à-dire le polissage et l'encaustiquage. Il convient de distinguer à ce sujet la mosaïque architecturale, qui sert à la décoration des murailles, des plafonds, des voûtes et des planchers, la mosaïque pour ameublements et la mosaïque pour bijoux.

Dans la première, deux cas se présentent suivant que la mosaïque peut être faite sur place ou qu'elle doit être faite à l'atelier en fragments transportables.

Quand on peut opérer sur place, le mur, plafond ou voûte qu'il s'agit de décorer, est d'abord rustiqué, puis enduit d'une couche de ciment de fond d'environ un centimètre d'épaisseur. Celui-ci étant sec, on le recouvre d'une couche de plâtre ayant une épaisseur égale à celle des smalts à employer. Le dessin tracé par l'artiste inventeur, sur papier ou sur carton, est alors reporté à la surface du plâtre; chaque partie de la composition présentant une couleur distincte

Marteau à découper les marbres...... I

Marteau à découper les smaltes...... II

Marteau à fouiller les plâtres.......... III

Ciseau à fouiller les plâtres.......... IV

Fers à encaustiquer V, VI, VII

Truelle VIII

Spatule à ciment ... IX

Pinces à smaltes... X

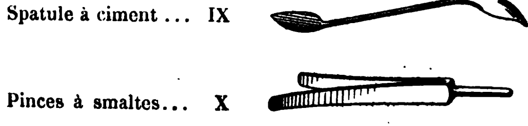


Fig. 235.

Fig. 236. Meule du mosaïste.

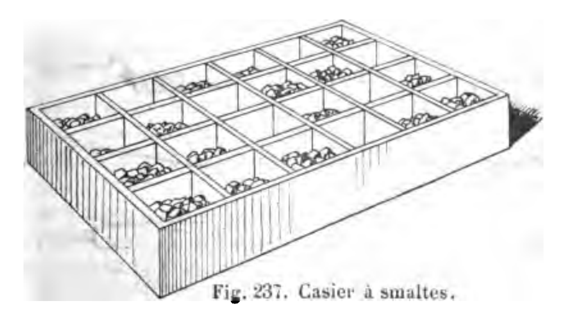


Fig. 237. Casier à smaltes.

doit être limitée sur ce dessin par un contour bien défini.

Au moment de commencer le travail, le mosaïste enlève au ciseau et au marteau la surface qu'il peut remplir dans un laps de temps donné. Il mouille la partie du ciment de fond ainsi mise à nu et la recouvre d'une couche de ciment d'implantation, plus fin et plus fluide que le premier. C'est dans cette couche qu'il implante, à l'endroit voulu, le smalte qu'il a choisi dans son casier, correspondant à la nuance convenable; il l'enfonce fortement dans le ciment, en l'appuyant jusqu'à ce qu'il touche le fond, puis il en pose un second, un troisième, en repoussant le ciment que la pression a fait déborder autour des smaltes précédents. Le mosaïste égalise ensuite la surface en opérant une pression générale sur l'ensemble des smaltes posés, et poursuit ainsi son travail, en laissant suivant l'effet à obtenir plus ou moins de largeur aux joints. L'excédent de ciment débordant le niveau des smaltes est enlevé par un essuyage et par un lavage à l'eau claire; les joints peuvent conserver leur couleur naturelle gris ardoisé.

Dans le second cas, où la mosaïque est préparée dans l'atelier par fragments plus ou moins étendus, on emploie la méthode dite à retournement (*mosaïco a rivoltatura*). Elle convient surtout aux reproductions de sujets compliqués qui doivent être posées sur des surfaces planes ou courbes dont l'accès n'est pas très commode.

Cette méthode comporte l'emploi d'un cadre creux, dont le fond est en bois, en métal ou en ardoise, et dont les bords sont pourvus de rebords mobiles en

zinc ; une couche de plâtre d'épaisseur égale à celle de la mosaïque est coulée dans ce cadre. Les contours du sujet à reproduire sont calqués comme précédemment, puis le plâtre est creusé de proche en proche, en posant à mesure les smaltes à la place qu'ils doivent occuper ; à cet effet, les creux sont d'abord remplis d'une couche de matière minérale pulvérulente, de la pouzzolane par exemple, à laquelle on donne une cohésion temporaire en la mouillant légèrement ; les smaltes sont alors implantés dans cette couche d'après les indications du dessin que le mosaïste a sous les yeux.

Lorsque ce travail est entièrement terminé, les retouches nécessaires étant faites, on colle à la surface de la mosaïque, au moyen de colle de farine de seigle, plusieurs couches superposées de papier souple et résistant, dont on peut encore augmenter la résistance en collant sur la dernière feuille de papier une toile d'emballage. L'ensemble de ce cartonnage étant bien sec, on enlève les bords de zinc et on retourne le cadre ; les smaltes, fixés solidement par collage sur leur nouveau support, sont débarrassés, à l'aide d'un pinceau et de l'insufflation, de la matière pulvérulente qui remplit leurs interstices.

Au moment de porter le fragment de mosaïque ainsi préparé sur la surface à décorer, on applique sur celle-ci, déjà garnie de la couche de ciment de fond, une couche de ciment d'implantation, comme dans la méthode précédente. Le fragment, toujours supporté par son cartonnage, est alors posé sur le ciment d'implantation pendant qu'il est encore fluide, et on le presse à petits coups au moyen d'un maillet plat en bois ; le ciment refoulé pénètre entre les

smaltes et constitue les joints. Les bavures sont ensuite enlevées par essuyage et lavage ; enfin, quand la mosaïque est bien sèche, on fait détremper la toile et les feuilles de papier pour les décoller, et le travail apparaît tel qu'il a été composé par le mosaïste.

Cette méthode est plus commode et plus rapide que le procédé direct; elle permet plus facilement les corrections, puisque le mosaïste groupe d'abord les smaltes en ne les fixant que provisoirement, mais elle a l'inconvénient de se prêter difficilement à l'exécution des grandes mosaïques, dépassant quatre mètres en dimension; les fragments exécutés séparément ne doivent pas excéder trois décimètres environ de côté.

Il existe un troisième procédé plus économique et plus expéditif que les précédents, mais qui a le grand inconvénient de supprimer la faculté d'interprétation de l'ouvrier, sa personnalité, son caractère, et qui par suite ne présente guère de valeur artistique. Le dessin est tracé sur un carton épais et les nuances sont indiquées d'après le modèle à copier. Le mosaïste choisit dans son casier les smaltes de la nuance voulue et les colle par la face sur le carton, en suivant les lignes tracées. Quand le dessin est complètement recouvert, l'ouvrier retourne le carton et applique la mosaïque sur la muraille préalablement préparée au ciment d'implantation ; il presse fortement, achève d'aplanir les inégalités et les renflements qui se produisent, en frappant sur les parties les plus résistantes ; puis, quand le ciment est sec, le carton est enlevé, les joints sont complétés par une couche de ciment mastic dont l'excédent est essuyé et lavé.

Le procédé ainsi simplifié convient surtout aux mosaïques à dessin parfaitement régulier et simple.

se répétant pour former une décoration de caractère industriel.

Quelle que soit la méthode employée, la mosaïque arrivée au point d'avancement où l'ont amenée les opérations que nous avons décrites, présente une surface peu unie, les smaltes se trouvant à des niveaux légèrement différents et leurs joints étant assez apparents. Dans la mosaïque purement ornementale, ces défauts ne sont nullement corrigés ; comme la mosaïque doit être vue non de près mais d'une certaine distance, ces inégalités ne sont pas choquantes et ont au contraire l'avantage de rompre la monotonie des surfaces trop planes, d'harmoniser les teintes en les fondant les unes dans les autres. Il en est de même des joints restés apparents, et dont la nuance uniforme, généralement gris bleuté, contribue à cet adoucissement des éclats de couleur d'où résulte une douceur harmonieuse.

Mais s'il s'agit de mosaïques visant à une reproduction exacte de tableaux, le travail du mosaïste est plus fin, plus soigné, les joints sont plus serrés et on doit non-seulement égaliser, mais polir la surface.

Dans ce but, l'une des premières conditions à remplir est de veiller à la planimétrie parfaite du fond du cadre creux sur lequel la mosaïque est d'abord composée, de sorte que lorsque le travail d'implantation dans le ciment est terminé, les smaltes offrent déjà une surface satisfaisante. Quand le ciment est bien sec, la mosaïque est enduite d'une couche de cire blanche ayant pour effet d'empêcher les angles des smaltes d'éclater sous l'action du polissage. Celui-ci s'exécute par une série d'opérations successives au moyen de sable fin, de [illegible] l'autre légè-

rement humectés d'eau, puis d'émeri que l'on frotte d'abord avec un tampon de plomb, ensuite avec un tampon de linge, et enfin de potée d'étain. Après cette première série d'opérations, la mosaïque est lavée à grande eau, séchée à l'aide d'une éponge fine, essuyée avec un linge, puis frottée avec un tampon de linge saupoudré de rouge à polir. Pour terminer on enlève les dernières traces de cire et de matières grasses au moyen d'une brosse fine imbibée d'essence de térébenthine, et on lave à l'eau de savon.

Le polissage étant achevé, il reste une opération à exécuter pour donner aux joints des smaltes la même coloration que ceux-ci, afin de les dissimuler ; c'est l'encaustiquage. La couleur employée à cet usage a pour base de la cire fondue à laquelle on ajoute pendant la fusion des matières colorantes de nature et de proportions variées selon la nuance des smaltes. A l'aide des fers à encaustiquer (fig. 235), on fait fondre la cire sur les joints et on l'applique convenablement. La cire s'incorpore dans le ciment et lui communique sa coloration. Un léger frottement enlève l'excédent de matière et donne le brillant voulu au joint.

Ce n'est qu'après leur complet achèvement que les fragments de mosaïque sont mis en place, retenus par des crampons, les raccords étant ensuite dissimulés au moyen de ciments colorés.

Les mosaïques destinées à orner les meubles ou à constituer des bijoux sont exécutées par les mêmes procédés que la mosaïque architecturale.

Le fond de ces mosaïques est formé par une table de pierre, de marbre, d'ardoise, de métal ou d'émail, celui-ci le plus souvent noir. Ce fond peut être creusé en forme de cadre pour retenir les smaltes.

Comme ciment d'implantation on se sert du mastic dont nous avons donné la composition (page 307), mais il doit être plus fin que pour les grandes mosaïques.

Les smaltes qui entrent dans la composition des mosaïques-bijoux et des mosaïques pour meubles sont faits de la même matière vitreuse que ceux des autres mosaïques, mais au lieu d'être découpés dans un gâteau d'émail, celui-ci est filé à la lampe d'émailleur en filaments que l'on fragmente en morceaux aussi petits qu'il convient. On termine ces mosaïques par les mêmes procédés de polissage et d'encaustiquage déjà décrits, qui leur donnent une surface brillante et polie.

CHAPITRE XXVIII

FABRICATION DES PERLES

SOMMAIRE. — I. Perles de Venise. — II. Perles soufflées.

I. PERLES DE VENISE

Les perles sont ou sphériques ou à facettes, en verre de différentes couleurs et grosseurs, et servent à confectionner des colliers, des chapelets et divers ouvrages de dames.

Leur fabrication consiste dans l'étirage de tubes cylindriques ou prismatiques de verre blanc ou de verre de couleur, à la grosseur voulue, dans le cou-

page en petits morceaux, dans l'arrondissage des vives arêtes et dans l'enfilage.

ÉTIRAGE

L'*étirage des tubes* s'obtient devant la lampe d'émailleur ou bien dans un petit réchaud (fig. 238) en

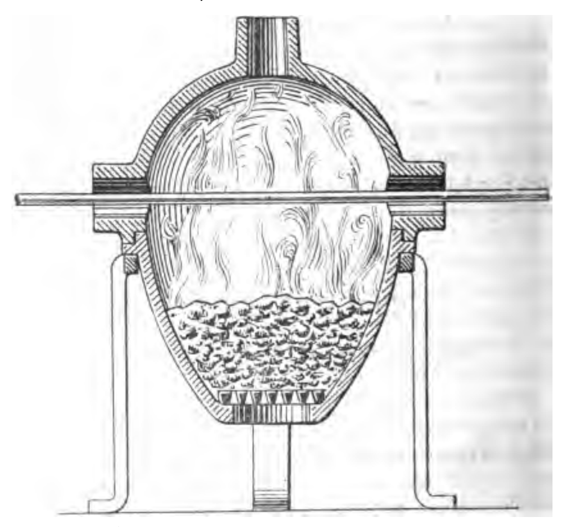


Fig. 238. — Fourneau pour l'étirage des tubes.

terre plastique cuite, alimenté au coke ou au charbon de bois. Ce réchaud est surmonté d'un couvercle en forme de dôme à cheminée, ayant latéralement deux ouvertures tubulaires, en regard l'une de l'autre, qui permettent d'y introduire horizontalement un tube de verre que l'on veut ramollir partiellement à



la chaleur du réchaud. Dans la devanture du dôme il y a un regard servant à observer le degré de ramollissement du verre

On peut opérer l'étirage à la main ou bien se servir du banc à étirer suivant, qui fournit un moyen de produire des tubes de thermomètres et de baromètres parfaitement calibrés.

On introduit un tube de verre dans les ouvertures tubulaires du réchaud, de manière que le bout sortant puisse être saisi par une pince qui est portée par un petit chariot roulant sur deux rails parallèles, lesquels sont fixés sur un banc à étirer à plan incliné. Ce chariot est mû par une chaîne sans fin passant sur deux rouleaux dont l'un est mû par une manivelle. La pince se présente ouverte tout près du réchaud et elle se ferme immédiatement lorsqu'elle est forcée par la chaîne de s'en éloigner.

La partie du tube exposée à la chaleur concentrée sous le dôme, se ramollit promptement ; c'est le moment que l'ouvrier attend pour éloigner la pince du réchaud en tournant la manivelle d'une main d'un mouvement très régulier, tandis que de l'autre main il avance insensiblement dans le réchaud le tube à étirer afin de fournir incessamment de la nouvelle matière à mesure que le chariot s'éloigne.

Toute l'attention doit se porter vers le ramollissement à point de la matière et le règlement de la vitesse de la traction, suivant le degré de ramollissement du verre, que l'on peut apprécier en jetant un coup d'œil par l'ouverture qui se trouve dans la face du dôme.

Aussitôt que la pince est arrivée au bout de la table à étirer, le chariot s'échappe de la chaîne et

revient promptement par son propre poids à son point de départ pour ressaisir le bout du tube ; aussitôt que le chariot est sur le point d'échapper, un fil de laiton, tendu sur le banc, agit sur un petit levier qui humecte le bout du tube près de la sortie du réchaud, en même temps que la pince lâche l'autre bout. Ce tube tombe dans un chenal en bois au moment où le chariot exécute sa course descendante.

Après avoir calibré, assorti par grosseur et coupé les tubes à longueur d'un mètre, on les livre au « menu ».

On fabrique à Venise ou plus exactement à Murano, de petites perles connues sous le nom de *calanes*, *rassades* ou *rocailles* dont il se fait d'immenses exportations surtout pour l'Afrique et l'Amérique et qui sont destinées au trafic avec les Indiens.

La disposition des fourneaux, des creusets et des verreries de Venise est la même que partout ailleurs; les matières premières sont : la soude, la potasse et un sable siliceux qu'on trouve en abondance sur la côte la plus voisine de Venise. Les matières colorantes sont toutes empruntées au règne minéral, et tellement variées, que l'on confectionne des perles de plus de deux cents nuances différentes. Voici le procédé en usage :

Lorsque la matière est en fusion dans le creuset, l'ouvrier en prend une masse grosse comme les deux poings au bout d'un tube de fer d'environ deux mètres de long, nommé *canne* ; dans cette masse, à l'aide d'un instrument de fer, il fait un large trou, contre lequel un autre ouvrier applique l'extrémité d'une autre canne, garnie d'une certaine quantité de matière également incandescente ; puis les deux ou-

vriers s'éloignent l'un de l'autre à reculons, en courant aussi vite que possible sur un chemin en planches ménagé à cet effet. La matière s'allonge et prend la forme d'un fil plus ou moins délié, selon que la course des ouvriers a été plus ou moins rapide, et selon la longueur de l'espace qu'ils ont pu parcourir avant le refroidissement. Le fil est alors cassé par morceaux d'environ 60 centimètres de longueur, et chacun de ces morceaux, quelle que soit sa finesse, a conservé dans toute sa longueur le trou qui primitivement avait été ménagé dans la masse. On fait quelquefois, par curiosité et devant les étrangers, de ces tubes forés d'un bout à l'autre, presque aussi fins que des cheveux et de plus de 30 mètres de longueur.

Les tubes passent alors dans la main de l'ouvrier *margariter* qui les coupe en menus morceaux.

COUPAGE

A cet effet l'ouvrier coupeur présente les bouts d'un faisceau de tubes, couchés dans un chevalet en bois, sous une cisaille ou sur une tranche en acier; il fait saillir les bouts d'un à deux millimètres audelà de la mâchoire inférieure, et il les coupe. La longueur des bouts est déterminée par l'index de la main de l'ouvrier.

Ces bouts tombent dans une boîte; après avoir été passés au crible, ils subissent l'arrondissage.

ARRONDISSAGE

Cette opération a pour objet de faire disparaître les arêtes vives par un ramollissement partiel.

Comme il importe beaucoup de ne pas obstruer

les grains, on est obligé de les remplir d'un corps en poudre qui, logé intérieurement, empêche les orifices de se fermer par le ramollissement du verre. Dans ce but, on jette les bouts coupés dans une boîte contenant un mélange de chaux et de charbon réduit en poudre très fine et légèrement humecté; en les remuant pendant quelque temps, la poudre se loge dans l'intérieur de chaque petit tube et en empêche le rétrécissement. Ainsi préparés, on les jette dans une marmite en fer chauffée au rouge brun ; en remuant ces bouts de tubes assez longtemps, chacun vient plusieurs fois en contact avec les parois incandescentes, d'où il résulte que les bords tranchants et les arêtes vives entrent dans un commencement de fusion, et qu'ils finissent par s'arrondir.

On peut remplacer la marmite en fonte par une boule creuse en fer montée sur arbre, semblable au tambour servant à la torréfaction du café.

L'ouvrier juge si l'opération a été suffisamment prolongée, et lorsque l'effet désiré a été obtenu, il répand les grains sur une plaque en fer pour qu'ils se refroidissent, et enfin on procède à l'enfilage des grains.

ENFILAGE DES GRAINS

Après le refroidissement, on crible les grains ; on les vanne et on les secoue pour en faire sortir le sable, puis on verse les perles sur une planche inclinée sur l'horizon, qui sert à les trier, et où celles qui ne sont pas rondes, celles qui se sont agglutinées ensemble ou qui présentent de ces défauts se trouvent séparées de celles qui sont parfaitement rondes. On les agite ensuite dans un sac avec du son, afin

de leur rendre le brillant que l'arrondissage avait fait disparaître ; enfin on les lave et on les sèche.

La coloration des grains en nuances tendres, qu'il serait difficile de produire par la fusion du verre en masse, sans qu'elles ne soient détruites par la haute température, s'obtient par des couleurs vitrifiables.

A cet effet, on emploie des tubes en émail blanc, ou en verre blanc opaque; après les avoir coupés, tamisés et arrondis, avant de les verser sur la plaque à refroidir on les saupoudre une ou plusieurs fois dans le tambour de couleur vitrifiable en poudre impalpable et rendue tellement fusible par le borax qu'elle adhère immédiatement à la surface des grains en état de ramollissement, qu'elle fond et les recouvre d'une couche de couleur vitrifiée, pendant qu'on tient les grains en mouvement; quand le résultat désiré a été obtenu, on les met à refroidir sur la plaque.

Après les avoir classés par grosseurs et par qualités, on procède à l'enfilage des grains. Cette opération est entièrement manuelle.

Des femmes ou des enfants reçoivent les grains dans des boîtes carrées qu'ils placent sur leurs genoux, et où ils les puisent à l'aide d'un faisceau d'aiguilles tenu étalé en éventail. Ces aiguilles, longues et très fines, sont garnies d'un fil de lin, d'aloès ou de soie, qui doit être aussi solide que possible. Quand les aiguilles sont chargées de perles, l'ouvrière, l'*infilzatrice*, fait glisser celles-ci sur le fil et plonge de nouveau le faisceau d'aiguilles dans sa boîte. Les chapelets ainsi formés, qui ont de 15 à 20 centimètres de longueur, sont réunis par *grosses* de 144.

On fabrique à Venise des perles dites à la main; les ouvriers qui exercent cette industrie travaillent à la lampe d'émailleur. Les cannes qu'ils emploient ne sont pas percées, et c'est en roulant la matière fondue à la lampe autour d'un morceau d'acier, qu'ils exécutent leurs perles, qui sont plus grosses, plus solides et plus chères que les simples rassades.

Les *grains à facettes* s'obtiennent au moyen de tubes prismatiques ou par la taille des tubes ou des grains.

On obtient des tubes à facettes en pressant la paraison avant son étirage dans un moule, ou bien le souffleur la façonne sur l'armure du genou, par la compression partielle, au moyen des ciseaux. En étirant un gros tube en un mince, chaque partie du nouveau tube conservera les facettes qu'on aura imprimées au tube primitif.

Au moyen de la taille, on obtient des facettes en fixant avec de la poix sur une planchette, parallèlement et se joignant, plusieurs tubes ronds que l'on traite, tous ensemble, au tour, ou bien que l'on passe l'un après l'autre, dans la rainure d'un support fixe.

Les *gros grains de collier ou de chapelet* se produisent de la manière suivante : l'ouvrier, assis devant un petit creuset rempli de verre liquide, posé sur un réchaud, y plonge adroitement le bout d'un fil de fer humecté ou ciré; il en enlève une goutte de verre, tourne le fil rapidement autour de son axe et laisse tomber la goutte, ainsi transformée en bague, dans un réservoir à refroidir. Par le mouvement rapide de rotation, la goutte s'enroule autour du fil de fer et, en se refroidissant promptement, elle con-

serve le trou qui a été formé ainsi par le fil de fer, qui tient lieu d'un mandrin.

Les *boutons sphériques et à œillet* se font à peu près de la même manière ; l'ouvrier saisit l'œillet au moyen d'une pince, le plonge, chauffé, dans le verre liquide, enlève une goutte assez grosse, l'agite rapidement par un mouvement de rotation dans l'air, et la laisse tomber dans un réservoir.

Pour leur donner une forme quelconque ou pour les façonner, on coule du verre dans un moule semblable à un fer à gaufre, composé de deux mâchoires dans lesquelles sont gravées les formes des boutons, soit avec trous, tels que les boutons de chemises, ou à œillets, tels que les boutons de guêtres, de gilets et autres.

Les trous sont produits par autant de chevilles de fer, fixées dans une des mâchoires, que chaque bouton doit avoir de trous. Lorsque le bouton doit avoir un œillet fixe, on en plante dans une des mâchoires autant que le moule contient de boutons.

Les boutons à œillets moulés perdent leur lustre par le moulage ; on le leur rend par un ramollissement ; à cet effet on plante les œillets dans une plaque de pâte d'argile, posée sur une plaque en fer, et on les dépose dans un four à ramollir, chauffé à la température du rouge-brun, où la surface entre dans un commencement de fusion.

Pour empêcher les trous de couper le fil on est obligé de les évaser avec la pointe d'un diamant brut monté sur un petit tour.

II. PERLES SOUFFLÉES

On fabrique aussi une grande quantité de perles soufflées au chalumeau, à la lampe d'émailleur. Nous empruntons à *M. Henrivaux* (1) la description de ce travail :

« Ces perles proviennent de la transformation de baguettes creuses ou tubes de verre ordinaire pour les perles communes, ou de teinte légèrement irisée ou opale pour les perles de choix ou orientoïdes. Le souffleur étire d'abord le tube qui est préalablement chauffé et ramolli ; le tube étiré à la grosseur voulue, il le brise alors en fragments de 10 centimètres environ ; puis il en prend un dont il présente l'une des extrémités à la lampe.

« Dès que le verre commence à se liquéfier il souffle doucement dans le tube, qui quoique étiré, a toujours conservé un vide intérieur, et bientôt, l'air dilatant l'extrémité chauffée il y apparaît une boule. C'est cette boule qui va devenir une perle, mais elle n'est encore qu'à l'état de germe ; pour qu'elle devienne perle, trois opérations sont encore indispensables :

« 1° Le perçage, qui se compose de deux trous, s'il s'agit de perles rondes destinées à former un collier, ou d'un seul, si, rondes ou en forme de poires, elles doivent être montées soit en colliers, soit en boucles d'oreilles, en boutons, en épingles, etc. ;

« 2° La forme à donner, ronde ou en forme de poire ;

« 3° La coloration intérieure.

(1) Henrivaux. — *Le Verre.*

« Le double perçage, indispensable pour passer le fil de soie qui réunit les perles et forme le collier, s'opère au moment où le verre, de forme sphéroïde, adhérent au tube, est encore ductile. Le premier trou se fait au centre inférieur de la perle par le seul souffle de l'ouvrier; et le second se trouve naturellement formé par le creux du tube au moment où la perle en est séparée au moyen d'un petit coup sec.

« Tel est le travail que demande la confection de toutes les perles fausses; mais les *perles orientoïdes*, qui, ainsi que leur nom l'indique, doivent être l'imitation la plus exacte possible de celles produites par la nature et connues sous le nom de *perles fines*, exigent une préparation plus compliquée.

« Tout en étant fabriquées exactement de la même manière que les perles les plus ordinaires, les orientoïdes s'en distinguent cependant, non seulement par l'emploi d'un verre opalisé, mais encore par le soin que le souffleur apporte à leur forme, ainsi que par les diverses colorations qu'elles reçoivent à l'intérieur.

« Quant à la forme, tout le monde sait combien il est rare de trouver une perle sans défaut; et par défaut, il ne s'agit pas ici de la matière, mais seulement de la forme et plus encore de la nuance.

« Le rôle du souffleur étant, comme nous l'avons dit, d'imiter le plus possible la nature, son talent consiste non-seulement à dénaturer, pour ainsi dire, l'exacte régularité obtenue par le soufflage, mais encore à produire sur la perle fausse les défauts qui se trouvent ordinairement sur les perles naturelles.

« Ce travail demande une très grande habitude et n'est que le fruit d'une longue observation; le bon

souffleur, l'artiste, doit connaître assez les perles naturelles pour n'exécuter sur les siennes que les défauts qui peuvent faire valoir, par le moyen de reflets habilement préparés l'œuvre sortie de ses mains.

« Pour obtenir ce résultat important, le souffleur profitant du moment où la perle adhère encore au tube, prend une très petite palette en fer, dont il frappe très légèrement sur certaines parties de la perle encore malléable et ce n'est que par ce dernier travail qui met, ici une saillie, là un méplat, presque imperceptibles, qu'il parvient à produire une perle qui, perdant sa régularité mathématique, devient l'imitation parfaite de la nature. »

Les perles de qualité commune soufflées avec du verre blanc sont quelquefois garnies intérieurement avec de la cire blanche. Mais c'est là une imitation très grossière ; on emploie le plus souvent pour donner aux perles soufflées l'aspect des perles naturelles l'*essence d'Orient* préparée avec les écailles d'ablettes (*cyprinus alburnus*).

Cette préparation se fait de la manière suivante :

On enlève par le frottement les fines écailles des ablettes, et on les conserve dans l'ammoniaque liquide, qui en divise infiniment la substance visqueuse d'un gris nacré. Quatre mille poissons fournissent environ 500 grammes de cette matière, qui après plusieurs épurations successives donne 100 à 125 grammes d'essence dite d'Orient.

On ajoute un peu de cette essence à une dissolution chaude de colle de poisson, afin d'augmenter l'adhérence au verre. La proportion convenable se trouve après quelques essais ; elle doit être telle que lorsque la couche mince est répandue sur la paroi

intérieure de la perle, elle la couvre partout de manière à la rendre opaque, en lui communiquant un éclat et des reflets nacrés magnifiques. La colle perlée s'emploie toujours à chaud ; des femmes l'introduisent dans les perles par insufflation.

On obtient les *perles argentées* en y injectant l'amalgame suivant : On fond dans une cuillère de fer 1 partie de plomb et 1 partie d'étain fin, et on introduit dans la matière en fusion une partie de bismuth. Après avoir enlevé la pellicule d'oxyde qui se forme à la surface, on ajoute 10 parties de mercure avant que le métal soit durci, et on remue l'amalgame avec un bâton de verre.

On en injecte une goutte dans chaque perle, que l'on tourne en tous sens pour couvrir la paroi intérieure.

Un autre procédé consiste à aspirer au moyen d'une petite pipette une goutte d'étain en fusion et de l'injecter par insufflation dans la perle ; celle-ci se revêt intérieurement d'une couche métallique très mince, aux couleurs irisées.

La préparation des *perles dorées* se fait en les plongeant d'abord dans une faible dissolution de sulfate de fer ; après les avoir laissées égoutter et sécher par évaporation au bain-marie, on les plonge dans une dissolution étendue de chlorure d'or. On égoutte et on sèche de nouveau.

On peut encore opérer comme suit : On précipite par évaporation une dissolution d'or dans l'eau régale (mélange d'acide azotique et d'acide chlorhydrique). On broie le précipité avec une quantité suffisante d'huile d'aspic, que l'on injecte dans les perles. Après l'injection, il faut chauffer celles-ci légèrement.

Voici encore la recette d'un vernis qui permet d'imiter la dorure : On prépare séparément six dissolutions alcooliques des matières suivantes :

1°	50	grammes	de gomme-laque.
2°	15	—	de mastic.
3°	15	—	de sandaraque.
4°	15	—	de sang-dragon.
5°	3	—	de gomme-gutte.
6°	5	—	de safran.

Pour ces dissolutions on emploie en tout 250 grammes d'esprit-de-vin. On les filtre séparément et on les verse sur 5 grammes de térébenthine de Venise. On emploie ce vernis par insufflation et quand il est sec on injecte l'amalgame décrit précédemment.

CHAPITRE XXIX

FABRICATION DES YEUX ARTIFICIELS

Sommaire. — I. Procédé Bax. — II. Procédé Boissonneau.

I. PROCÉDÉ BAX

L'opération se réduit :

1° A fondre les lentilles de verre ;

2° A les user et les polir ;

3° A les peindre.

« 1° Pour fondre les lentilles, mon appareil, dit *M. Bax*, consiste en une boîte de tôle confectionnée sans soudure. Celle dont je fais usage est confection-

née ainsi qu'il suit : 22 centimètres de longueur, 14 centimètres de largeur et 4 centimètres d'épaisseur. Ces proportions ne sont pas rigoureuses. Cette boîte peut être comparée à un étui de livre; elle n'est ouverte qu'à une extrémité.

« J'introduis par cette ouverture un plateau ou tiroir de même métal, large de 13 centimètres sur 22 de long ; ses bords sont relevés d'environ 14 millimètres; il doit entrer et sortir librement; on lui adapte une anse ou queue pour le saisir. La boîte sert à garantir le verre en fusion des corps cinérés ; de plus, elle concentre la chaleur. L'intervalle qui existe entre la voûte et le plateau laisse voir l'état du verre pendant l'opération.

« Je taille autant de morceaux de verre circulaires que je désire fondre de lentilles. Le diamètre de chaque morceau est relatif à l'épaisseur du verre et à la grandeur des yeux que j'ai dessein de faire. Pour tailler le verre, je trouve plus expéditif d'appuyer le morceau que je veux arrondir sur un corps solide et anguleux ; puis, à l'aide d'un marteau, dont je ménage les coups, je brise tout autour les saillies qui bordent la circonférence ; pour les grosses espèces, on pourrait employer le grugeoir des vitriers. Le meilleur verre est celui de glace, qui présente une teinte verte dans sa cassure ; à défaut de celui-ci, les cristaux et le verre à vitre ; toutefois, il convient d'éviter, autant que possible, de réunir plusieurs qualités de verre dans la même cuite, afin que la fusion s'opère uniformément.

« Ainsi façonnés, je place ces verres sur le plateau, en observant assez de distance entre eux pour prévenir leur agglomération ; et, comme ils pourraient

adhérer au plateau, ou lui enlever un oxyde qui troublerait leur transparence, il est indispensable d'enduire celui-ci d'une couche de blanc de céruse délayé. Il est nécessaire aussi de dessécher cette couche à l'aide d'une chaleur légère. A la céruse on pourrait substituer le tripoli, ou un lit de sable fin. Le plateau dont j'ai fait mention plus haut peut contenir quarante paires de lentilles assorties. Je place horizontalement la boîte sur un foyer, en sorte qu'elle puisse être entourée d'assez de charbons pour éprouver une forte chaleur. Le feu étant allumé, je glisse légèrement le plateau dans la boîte, en conservant l'arrangement des verres.

« La fusion commence par leur circonférence, qui s'affaisse et s'arrondit ; alors les inégalités résultant de la cassure disparaissent, la face supérieure se bombe, l'inférieure se moule sur le plan où elle repose. Aussitôt que le verre est fondu, on retire le plateau, qu'on peut successivement remplacer par plusieurs autres. Ce moyen, plus expéditif, est aussi plus économique.

« 2° Les lentilles, ainsi fondues, ont, pour la plupart, besoin d'être usées sur leur face plate, ce qui se pratique en les frottant sur un grès uni et humecté, jusqu'à ce qu'elles soient réduites à un segment de sphère, figurant la chambre antérieure de l'œil, coupée perpendiculairement à l'iris. Pour abréger cette opération, on repliera une lame de fer-blanc, ou une feuille de carton, de manière à former un moule ressemblant à un rouleau de serviette. Son diamètre sera proportionné à l'étendue de la surface du grès.

« Pour s'en servir, on l'appliquera sur un plan uni, comme par exemple une table de marbre ou le des-

sus d'une assiette. On placera sur ce même plan, dans l'intérieur du moule, une couche de lentille reposant sur leur face plate ; on coulera ensuite pardessus un mélange de poix et de plâtre, ou tout autre mastic susceptible de former une masse solide en se durcissant, et capable de retenir assez fortement les lentilles pendant qu'on les use toutes à la fois. Le frottement du verre sur le grès le rend opaque ; il suffit de le repolir pour rétablir sa diaphanéité ; à cet effet, on frottera les lentilles usées sur un morceau de planche saupoudré de pierre ponce porphyrisée, ou de potée d'étain en usage chez les vitriers et miroitiers.

« Pour terminer, on les passera sur un morceau de feutre de chapeau.

« 3° Pour peindre la pupille et l'iris, les personnes habituées à manier le pinceau suivront leur goût ; celles qui sont étrangères à cet art, pourront peindre la face plate uniformément de la couleur iridaire ; ensuite, elles enlèveront au centre un cercle de cette même couleur, grand et configuré comme la pupille ; puis elles le remplaceront par la couleur noire, et *vice versâ*, si l'on peignait d'abord tout en noir. Je prends avec une brucelle la lentille que je veux peindre ; je présente la face convexe à une glace placée devant moi ; par conséquent, la face plate est tournée de mon côté. Je dépose au centre de cette face une goutte de peinture noire que j'étends jusqu'à ce que je sois parvenu aux dimensions de la pupille que je veux exprimer ; la glace m'indique quand je suis parvenu à ce point. La pupille étant sèche, je colore l'iris. Les couleurs employées devront toujours être broyées à l'huile de lin recuite, comme étant plus

siccative. Elles seront assez consistantes pour ne s'étendre pas trop en se desséchant.

II. PROCÉDÉ BOISSONNEAU

La fabrication a lieu devant la flamme du chalumeau. L'œil artificiel inventé par *M. A. Boissonneau*, consiste en une coque mince modelée en verre, qui couvre le moignon oculaire désorganisé et qui est couverte des paupières, d'où résulte son mouvement expressif.

On souffle avec un tube de verre blanc alcalin de la grosseur convenable une boule ovale que l'on coupe suivant le grand diamètre ; après lui avoir donné la forme voulue on applique au sommet de la coque ovale assez de verre blanc pour en former la cornée, de manière qu'elle soit semi-sphérique extérieurement et plane à l'intérieur.

Ces coques appropriées aux yeux gauche ou droit, sont revêtues intérieurement de couleur vitrifiable ; l'artiste imite exactement l'iris de l'œil humain, après avoir produit préalablement les petites veines rouges. Il revêt l'intérieur de la coque d'émail blanc conforme en nuance à l'œil sain qu'il veut imiter.

On vitrifie au moufle, où les rebords tranchants et les vives arêtes de la coque s'arrondissent.

Lorsqu'on souffle la coque avec un tube de verre blanc opaque on perce le côté de la boule elliptique et on rapporte du verre blanc transparent dont on forme la cornée, comme il a été dit. Les yeux artificiels ont le plus souvent le grave inconvénient de ne pas résister assez longtemps aux humeurs muqueuses et aux acides corrosifs concrétés dans l'orbite de l'œil.

On obvie à ce défaut en employant à cette fabrication du verre laiteux dur, composé au phosphate de chaux, et en recouvrant les couleurs de l'iris d'une couche de verre alcalin.

Les yeux destinés aux animaux empaillés se font de la même manière, excepté les yeux pour oiseaux, poissons et reptiles qui ont généralement des pupilles rondes et monochromes.

On imite ceux-ci au moyen de demi-boules en verre blanc transparent de divers diamètres, et dont on revêt le côté plan de l'iris de couleurs vitrifiables ou à l'huile.

On se procure le plus facilement ces demi-boules en coulant du verre blanc dans un moule plat en cuivre dans lequel se trouvent gravées ou frappées des concavités semi-sphériques qui se joignent, et que l'on rompt au moyen de tenailles.

Lorsqu'on ne peut pas disposer de demi-boules, on peut les produire par le ramollissement de petits morceaux ronds de verre blanc très fusible que l'on aura obtenus par le rognage au grésoir ou bien par de petits coups de marteau frappés sur les arêtes des morceaux assujettis sur une tranche fixe en acier.

On obtient le ramollissement des morceaux de verre ainsi préparés en les rangeant côte à côte.

CHAPITRE XXX

VERRES ARTISTIQUES

SOMMAIRE. — I. Verres filigranés. — II. Verres incrustés. — III. Verre satin. — IV. Verres irisés. — V. Verre givré. — VI. Verres craquelés.

I. VERRES FILIGRANÉS

M. G. *Bontemps*, ancien directeur de la verrerie de Choisy-le-Roi, a publié dans le *Bulletin de la Société d'encouragement* (tome XLIV), un exposé complet de cet art intéressant, à la renaissance et aux progrès duquel il a puissamment contribué.

« On appelle *verres filigranés* ceux dans lesquels s'enlacent mille filets de verre blanc, opaque ou coloré, en affectant une foule de formes diverses irrégulières.

Les verres filigranés sont composés d'un certain nombre d'éléments fabriqués à part ; ainsi un vase quelconque est formé de 25, 30 baguettes juxtaposées, réunies par la chaleur du four de travail et soufflées ensuite comme une masse unique de verre. Je suppose d'abord ces baguettes à filets fabriquées (j'expliquerai plus tard leur fabrication) ; on les place contre la paroi intérieure d'un moule cylindrique en métal ou en terre à creusets, on les fixe au fond du moule au moyen d'une petite couche de terre molle dans laquelle on fiche leur extrémité ; on fait chauffer ce moule auprès du four de verrerie,

non pas jusqu'à ramollir les baguettes, mais pour les rendre seulement susceptibles d'être touchées par du verre chaud sans être calcinées ; puis, avec une canne à souffler, on prend dans un creuset du verre ou du cristal transparent en petite quantité, et on souffle ce qu'en terme de verrerie on appelle une petite *paraison*, c'est-à-dire une préparation de pièce ; on souffle une petite paraison cylindrique d'un diamètre un peu moindre que le vide que laissent entre elles les petites baguettes dans le moule ; on chauffe fortement la paraison, on l'introduit dans l'intérieur du moule, et on souffle de manière à la presser contre les baguettes : elles ne tardent pas à adhérer à la paraison, de telle sorte que, en élevant la canne et retenant le moule, cette paraison amène avec elle les petites baguettes ; on rechauffe le tout de manière à rendre l'adhérence complète, amollir les baguettes, puis on mabre, c'est-à-dire qu'on roule le tout sur la plaque de fonte polie ; on rechauffe encore, on souffle un peu et on *tranche* avec les *fers* (sorte de pinces), un peu au-dessus du fond, de manière à réunir les baguettes en un point central ; on obtient ainsi une masse que l'on travaille comme une paraison ordinaire, et à laquelle on donne la forme que l'on veut par les moyens ordinaires employés dans le soufflage du verre.

Par les opérations de *mabrer* et de souffler, les baguettes se trouvent aplaties extérieurement et intérieurement, ce qui produit sur les dessins des filigranes les effets que nous remarquerons en parlant en détail des baguettes.

Si l'on n'a donné aucun mouvement de torsion à

la paraison, les dessins restent longitudinaux comme les baguettes, et dans le même plan que l'axe de la pièce ; mais, si, après avoir fait adhérer les baguettes, on imprime un mouvement de rotation sur elle-même à la canne en retenant l'extrémité inférieure des baguettes avec les *fers*, on produit une torsion qui donne aux baguettes une direction en spirale qu'elles conservent quand on termine la pièce par les moyens ordinaires.

Il est plus difficile de maintenir les baguettes dans leur position primitive, dans le même plan que l'axe de la pièce, car vous savez que le verre se travaille en quelque sorte sur le tour ; il faut donc que l'ouvrier ait la main très légère pour qu'en modelant sa pièce il n'imprime pas près du *pontil*, et surtout à l'évasement de la pièce, un léger mouvement de torsion.

Après avoir montré de quelle manière on fabrique les pièces filigranées quand on a les baguettes qui en forment les éléments, je vais expliquer les procédés par lesquels on produit ces baguettes. La base de toutes est un filet simple enveloppé de verre transparent : nous supposerons d'abord qu'on n'emploie que des filets blancs opaques, et, pour le dire en passant, les plus jolis ouvrages des Vénitiens ne contenaient guère que des filets de cette couleur. Certes, ils connaissaient bien les colorés, mais ils les employaient rarement dans ces sortes d'ouvrages ; ils pensaient avec raison que le mérite de ces pièces résulte de leur légèreté, de la netteté des filets, de la grâce de la forme, et que l'introduction de la couleur n'était le plus souvent qu'un cachet de mauvais goût.

Pour faire les filets simples, le verrier prépare du verre blanc opaque par l'étain ou par l'arsenic (l'étain donne des filets plus nets dont le délié est plus correct que ceux de l'opaque blanc par l'arsenic). Le verrier prend au bout de sa canne, dans le creuset, environ 200 grammes de verre opaque ; il *mabre* ce verre de manière à lui donner une forme cylindrique d'environ 6 à 8 centimètres de longueur et laisse un peu refroidir, puis il plonge ce petit cylindre dans du verre blanc transparent en fusion de manière à lui former une enveloppe d'environ 5 millimètres d'épaisseur ; il *mabre* de nouveau pour égaliser le verre transparent autour du verre opaque, puis, chauffant fortement et appliquant ensuite à l'extrémité opposée à la canne un *pontil* garni de verre chaud, il étire cette colonnette comme un tube jusqu'à ce qu'elle ait été réduite au diamètre voulu, environ 4 à 6 millimètres ; enfin il partage cette *tirée* en fragments égaux : il lui en faut, pour sa provision, plusieurs longueurs suivant les pièces qu'il veut fabriquer ; elles ont ordinairement de 8 à 15 centimètres.

Outre ces baguettes à filets simples, le verrier doit se munir aussi de baguettes semblables en verre transparent, et il est apte alors à préparer toutes les baguettes compliquées :

1° Pour obtenir des baguettes à filets en spirale rapprochés qui, par leur aplatissement, produisent des réseaux à mailles égales, on garnit l'intérieur d'un moule en métal ou en terre, semblable à celui dont nous avons parlé, de baguettes à filets simples alternées avec des baguettes en verre transparent, puis le verrier prend au bout de sa canne du verre

transparent dont il forme un cylindre massif qui puisse rentrer dans le moule garni de ces petites baguettes, et chauffé préalablement un peu au-dessous de la chaleur rouge. En chauffant ce cylindre fortement, il l'introduit dans le moule où il le refoule de manière à presser les baguettes qui adhèrent ainsi contre le verre transparent; il enlève la canne en retenant le moule et entraîne ainsi les baguettes avec le cylindre; il chauffe encore et il mabre pour rendre l'adhérence plus complète; enfin, chauffant l'extrémité du cylindre, il tranche d'abord cette extrémité avec ses fers, la chauffe de nouveau, la saisit avec une *pincette* ou avec ses fers, et la tire de longueur avec sa main droite pendant que de la main gauche il fait tourner rapidement la canne sur les *bardelles* de son banc. Pendant que les extrémités de la colonne s'allongent, les filets s'enroulent en spirale autour d'elle: quand l'ouvrier a amené, à l'extrémité, une baguette de la dimension voulue, environ 5 millimètres de diamètre, et que les filets sont suffisamment enroulés, il tranche avec la pincette, chauffe de nouveau l'extrémité de la baguette, et, la saisissant et l'étirant pendant qu'il roule rapiment la canne, il procède ainsi à la production d'une nouvelle baguette, et ainsi de suite jusqu'à ce que toute la colonne soit étirée.

2° Pour fabriquer des baguettes qui, par leur aplatissement, produisent des filets en quadrilles, on place dans le moule, aux deux extrémités d'un seul diamètre, trois ou quatre baguettes à filets simples alternées avec des baguettes en verre transparent, on garnit ensuite le reste de la capacité intérieure du moule de baguettes transparentes, afin de maintenir

les baguettes à filets dans leur position, et on opère comme pour les baguettes précédentes.

3° Pour obtenir des baguettes produisant, par leur aplatissement, des grains de chapelet, on fait une *paraison* soufflée, dont on ouvre l'extrémité opposée à la canne de manière à produire un petit cylindre ouvert ; on l'aplatit afin de ne donner passage qu'à des baguettes, et on introduit dans ce fourreau quatre, cinq ou six baguettes à filets simples alternées avec des baguettes de verre transparent ; on chauffe, on ferme l'extrémité opposée à la canne, puis l'ouvrier presse sur la paraison plate pendant qu'un aide aspire l'air de la canne de manière à le faire sortir de la paraison et à produire un massif plat, dans lequel sont logés les filets.

L'ouvrier rapporte successivement une petite masse de verre chaud transparent sur chacune des parties plates de sa paraison, et il mabre pour cylindrer sa masse : il obtient ainsi une petite colonne dans l'intérieur de laquelle sont rangés, sur un même diamètre, les filets opaques ; il procède ensuite comme pour les baguettes précédentes en chauffant et étirant l'extrémité pendant qu'il roule rapidement la canne sur les *bardelles*. Par ce mouvement de torsion, la ligne des filets se présente alternativement de face et de profil, et produit des grains de chapelet.

4° Il arrive souvent qu'on combine ces grains avec les quadrilles des baguettes précédentes, en se servant, pour introduire le moule préparé pour les baguettes à quadrille, du cylindre préparé pour les grains de chapelet. Du reste, les combinaisons qu'on vient d'indiquer mettent sur la voie d'une foule d'autres que le verrier peut opérer.

5° Quelquefois on ménage, au centre d'une des baguettes, un filet en zigzag ordinairement coloré : pour cela on prépare un premier cylindre massif en verre transparent, de moitié du diamètre de celui qu'on veut étirer, et on fait adhérer parallèlement à l'arête de ce cylindre une petite baguette colorée; on recouvre le tout d'une nouvelle couche de verre, transparent pour produire le cylindre de la dimension voulue pour entrer dans le moule des baguettes à filets. La petite colonne colorée, n'étant pas au centre du cylindre, tournera en spirale autour de ce centre par le mouvement d'étirage et de torsion, et produira un zigzag par l'aplatissement.

Parmi les pièces de Venise, et ce sont peut-être les plus remarquables, il en est qui présentent un réseau de filets simples à mailles égales dont chacune renferme une bulle d'air : ce genre est le plus difficile à produire. On y parvient, toutefois, en soufflant une première paraison à filets simples tordus, puis une deuxième paraison à filets simples tordus en sens inverse ; on ouvre l'une de ces paraisons et on y introduit l'autre de manière à les faire adhérer ; les filets se croisent alors et produisent des mailles qui sont égales si les paraisons ont été bien préparées.

Si le verre opaque est dur, la cannelure produite par les colonnes se maintient à un certain degré quand on souffle la paraison ; ces cannelures tordues en sens inverse venant à se croiser quand on engage l'une des paraisons dans l'autre, une bulle d'air restera renfermée dans chaque maille quand les deux paraisons seront réunies ; on termine la pièce, par les moyens ordinaires, suivant la forme qu'on veut lui donner.

Indépendamment des verres filigranés, les Vénitiens ont fait quelques essais de ce que j'ai appelé verres mosaïques, plus connus sous le nom de *millefiori* ; mais ils sont restés, sous ce rapport, bien loin de l'antiquité. Voici la manière de fabriquer ces verres :

Les éléments, au lieu d'être des baguettes, sont des tronçons de baguettes dont la section présente des étoiles ou autres formes symétriques composées de plusieurs couleurs ; par exemple, le verrier formera, au bout de sa canne, un petit cylindre massif en verre rouge autour duquel il appliquera cinq ou six cueillages de verre bleu turquoise, qu'il façonnera avec sa pincette pour former des ailes prismatiques triangulaires dont la base est sur le cylindre rouge, puis il remplit les intervalles entre ces ailes avec un verre d'une autre couleur, blanc opaque ou jaune ; il mabre et enveloppe le tout d'une couche d'une couleur transparente, soit violet clair. Il peut ensuite introduire cette colonne dans un moule garni intérieurement de baguettes d'une autre couleur ou blanc opaque, qui, par leur section, feront un tour de perles blanches ; enfin, quand il a composé sa colonne comme il le désire, il la chauffe fortement et l'étire à la grosseur de 10 à 15 millimètres. On peut varier à l'infini les formes et les couleurs des sections. On tranche ensuite les colonnettes en tronçons d'environ 1 centimètre de longueur, et c'est avec ces tronçons qu'on compose les pièces mosaïques ou *millefiori*. Pour cela on en garnit l'intérieur d'un moule et l'on fait chauffer au rouge-brun, puis on souffle une paraison à laquelle on donne à peu près la forme du moule ; on la chauffe et on l'en-



gage dans le moule, de manière à faire adhérer les tronçons contre la paraison ; on réchauffe, on souffle, on mabre et on opère enfin par les moyens ordinaires.

Une méthode préférable consiste à faire une paraison dont on fait revenir intérieurement le fond vers la canne, de telle sorte que cette paraison, étant détachée de la canne, présente une ouverture circulaire composée de deux parois concentriques ; on la laisse refroidir ; on introduit entre ces parois des tronçons de baguettes, afin de remplir autant que possible tout le vide ; on réchauffe peu à peu cette paraison, on prépare une canne dont l'extrémité sera garnie d'un disque de verre chaud qui n'intercepte pas le trou de la canne ; on adapte ce disque contre le bord supérieur de la paraison et on aspire par la canne l'air renfermé entre les tronçons et les parois de la paraison ; enfin, prenant une autre canne préparée de la même manière, on l'applique contre le côté opposé de la paraison que l'on détache de la première canne : l'intérieur du fond rentré formera alors l'intérieur de la paraison que l'on souffle avec la deuxième canne, et à laquelle on donne la forme voulue par les moyens ordinaires.

Nous avons dit que, dans les *fabrications à filigranes et millefiori*, les paraisons étant une fois amenées au point convenable, étaient ensuite achevées par les moyens ordinaires. Parmi ces moyens, nous ne devons pas omettre de signaler le procédé du *moulage en bois*.

Il ne s'agit pas ici du moulage au moyen duquel on obtient des dessins en relief sur la face extérieure des pièces, mais du moulage qui procure la forme.

Jusqu'à ces derniers temps, les profils de la pièce étaient donnés par l'ouvrier au moyen de ses *fers à lames de bois*, avec lesquels il pressait sur la pièce tenant à l'extrémité de la canne ou du pontil, que l'ouvrier faisait tourner sur les *bardelles* : l'exactitude de la forme dépendait de l'adresse de l'ouvrier.

Les verriers de Bohême n'opèrent pas ainsi : chez eux, la forme de chaque pièce, *verre*, *carafe*, *vase*, etc., est donnée par *un moule en bois*, *formé de deux parties semblables s'ouvrant à charnières*, ayant intérieurement la forme exacte de la pièce qu'on veut produire ; l'ouvrier fait sa paraison, et quand elle est amenée à la grosseur et à la forme convenables, il la chauffe fortement et l'introduit dans le moule ; le gamin ferme le moule à l'aide des deux manches dont il est muni, l'ouvrier souffle en imprimant à la canne un mouvement de rotation sur elle-même, pour que les arêtes de jonction du moule ne laissent pas de *trace sur la pièce de verre* ; au bout de peu d'instants, le gamin ouvre le moule, l'ouvrier retire la pièce à laquelle la forme est ainsi donnée ; il ne s'agit plus alors que de la prendre au *pontil* pour terminer l'ouverture supérieure.

Les ouvriers de Bohême ne prennent même pas ce soin ; le moule donne la forme jusqu'à la partie extrême ; on détache la pièce de la canne à la sortie du moule, on la porte à l'arche de *recuisson*, et, après l'avoir retirée de l'arche, on la rogne à la hauteur voulue à la roue de tailleur. C'est pourquoi on remarque que les *verres de Bohême ont été taillés et flétés au bord*, au lieu d'être ouverts et rebrûlés au feu comme les nôtres. Après chaque pièce moulée, on plonge le moule en bois dans l'eau pour l'empê-

cher de brûler, et il peut ainsi servir au moulage de quarante à cinquante pièces, sans que les diamètres soient sensiblement augmentés.

Tel est le procédé qui a *été emprunté aux verriers de Bohême*, où il est aussi ancien que les verreries mêmes de ce pays, qui, à beaucoup d'égards, toutefois, sont moins avancées que les nôtres. Par ce procédé de moulage en bois, on obtient des formes plus pures que par les procédés anciens, c'est-à-dire qu'on obtient des pièces plus régulières, exactement conformes au modèle donné ; il y a certains détails même qu'on obtient ainsi et qu'on ne pourrait pas produire par les anciens procédés.

II. VERRES INCRUSTÉS

On produit des *incrustations* dans le verre en enfermant des objets en terre cuite ou en stéatite, façonnés en relief, entre deux couches de cristal qui s'y appliquent exactement. Ces objets prennent alors le même aspect que s'ils étaient en argent mat ; cet effet est dû à l'air emprisonné sous le cristal dans les pores superficiels de la terre cuite ; il est de même nature que le reflet argentin des gouttes de pluie ou de rosée sur les feuilles tomenteuses.

La terre de pipe réussit beaucoup mieux que la porcelaine dans ce travail ; car, si l'on cuit cette dernière trop fortement, le cristal la rend brillante partout ou au moins par places, et l'effet est manqué. Si on ne la cuit pas suffisamment, elle ne prend pas assez de dureté, et se brise quand on l'enferme trop tôt dans le cristal.

La confection des figures n'offre point de difficultés ;

on se procure des modèles bien travaillés, et on en prend l'empreinte avec de l'argile riche en silice. On cuit légèrement ces empreintes ; on les enduit d'une très petite quantité d'huile, puis on moule dans leur concavité l'argile bien blanche et bien pétrie. Celle-ci s'y modèle aisément, et s'en détache avec facilité quand elle est à moitié sèche et qu'elle a pris un peu du retrait. Pour les petites médailles. on peut très bien en prendre l'empreinte avec de la cire d'Espagne.

Les matières vitreuses aisément fusibles sont d'un emploi plus facile que les autres ; mais elles ne doivent pas l'être trop, parce qu'elles pourraient pénétrer dans les pores de l'argile.

Pour effectuer l'incrustation, on applique la figure sur une surface plane de cristal, ou bien sur la paroi extérieure d'un vase de même matière et encore chaud ; puis on la recouvre d'une couche de cristal d'épaisseur convenable, en prenant toutes les précautions nécessaires pour éviter qu'elle ne se brise ; on expose ensuite le tout à la chaleur d'un feu de verrerie, et on fait refroidir lentement.

Ces cristaux, ainsi préparés, se taillent comme les autres, seulement il faut que la surface sur laquelle on voit la figure soit plane ; si elle était courbe, cylindrique ou sphérique par exemple, il en résulterait que la réfraction des rayons lumineux déformerait plus ou moins tous les contours de la figure, et que, même, sous une couche épaisse de cristal, ils ne seraient plus reconnaissables.

On peut employer dans ce travail le cristal coloré. L'on peut même facilement donner aux figures l'aspect de l'or. A cet effet, on choisit une argile qui, au feu, devienne jaune ou jaune rougeâtre. Les couleurs

peuvent également être variées par des oxydes métalliques que l'on mêle à de l'argile blanche. Toutefois ce sont toujours les figures blanches, et après elles les figures jaunes, qui produisent le plus bel effet sous un cristal incolore. Nous ajouterons ici ce que *M. Pelouze* a publié à ce sujet ; il servira de complément à ce que nous venons d'en dire.

« On ne doit se servir, dit-il, que de moules bien propres, bien essuyés au pinceau ; car s'il se portait quelque parcelle de substance décomposable par la chaleur, de poussière végétale, sur la pièce moulée, il en résulterait infailliblement dans le verre quelque soufflure fort désagréable.

« On presse la pâte dans le moule ; on enlève les rebarbes au couteau, et, environ une heure après, on donne une secousse au moule pour en détacher la pièce que l'on reçoit sur un cuir mollet. Elle doit offrir une grande netteté pour être mise en œuvre avec succès.

« Il convient de faire sécher à l'ombre les figures moulées. Lorsqu'elles sont sèches, on les *rachève*, pour donner plus de délicatesse aux traits, etc., d'une manière analogue au moulage de la porcelaine. Pour cela, il faut faire usage d'outils déliés et mousses en bois et du pinceau à l'eau.

« Pour ne pas s'éclater au moment de l'incrustation dans le verre, les pièces ont besoin d'une demi-cuisson, qui peut très commodément leur être donnée dans notre fourneau. Mais on a remarqué que, pour que ces figures ne jaunissent pas dans l'opération, et ne s'amaigrissent pas, il faut éviter de les placer dans le four sur des tuiles argileuses ordinaires. Les briques de support doivent être composées de marne et

le four de [illegible].

« La pièce étant recuite et refroidie, il ne reste plus ensuite que de la faire tailler et polir.

Verrier. Tome II.

III. VERRE SATIN

Pour préparer le verre satin, les vases soufflés en verre coloré reçoivent par un nouveau soufflage dans un moule métallique une sorte de relief, c'est-à-dire des cannelures, des séries de petites cavités hémisphériques, etc. On applique ensuite sur le verre coloré une couche de cristal parfaitement limpide. Ce dernier s'applique exactement sur les parties lisses et planes, mais il ne pénètre pas et ne se replie pas dans les parties creuses, qui restent sous forme de cavités remplies d'air. Lorsqu'on a terminé le vase en recourbant son bord en dehors, qu'on l'a muni de pieds et d'anses et qu'il a été recuit, la surface extérieure est attaquée en mat. Cela donne l'aspect satiné et les cavités remplies d'air modifient encore plus la couleur du verre. Le vert réséda, le violet héliotrope, le rouge grenat, le jaune jonquille sont les couleurs les plus recherchées de ce joli verre (1).

IV. VERRES IRISÉS

On trouve souvent dans le commerce des objets en verre dont la surface reflète les couleurs de l'arc-en-ciel.

Ce phénomène d'irisation est obtenu en modifiant d'une façon convenable la surface du verre sur une très faible épaisseur, de manière à engendrer les propriétés optiques des lames minces.

Le procédé de *M. Brianchon* (1872) consiste à recouvrir les objets d'un flux d'oxyde de bismuth aurifère assez mince pour rester presque invisible à la

(1) Wagner, Fischer et Gautier. — *Traité de Chimie industrielle.*

lumière transmise, et suffisant pour montrer les couleurs de l'arc-en-ciel à la lumière réfléchie.

Le procédé employé généralement consiste à soumettre le verre aux vapeurs de sels métalliques tels que le chlorure d'étain, les nitrates de baryte ou de strontiane, etc. Cette opération se fait à la température du rouge sombre dans les fours à recuire.

MM. Fremy et *Clémandot* (1877) ont voulu reproduire d'une manière régulière cette irisation du verre qui lui donne l'aspect de la perle ou de la nacre et surtout la rendre adhérente au verre. Leur procédé consiste à soumettre le verre sous l'influence de la chaleur et de la pression à l'action de l'eau contenant 15 pour 100 environ d'acide chlorhydrique.

Plusieurs espèces de verre conviennent à cette opération ; mais d'autres ne s'y prêtent pas ; les conditions du recuit et de la trempe ont une influence sur le phénomène.

Ce dernier procédé paraît ne pas être entré dans la pratique.

V. VERRE GIVRÉ

M. Bay a réussi à reproduire par une action mécanique les dessins fantaisistes nommés « fleurs de glace », qui sont tracés par la gelée sur les vitres des appartements.

La préparation de ce verre est des plus simples. On enduit la surface du verre, préalablement dépoli au sable, d'une matière spéciale formant vernis, qui pénètre dans les cavités du verre dépoli.

Les feuilles de verre ainsi enduites sont mises dans une étuve ou simplement au soleil.

L'enduit en se contractant se réduit en petites

écailles, qui enlèvent avec elles une très légère partie de la surface du verre. Ces cassures, se reproduisant dans tous les sens, forment un ensemble rappelant exactement l'effet du verre givré par le froid, effet qu'on peut accentuer en renouvelant l'opération un plus ou moins grand nombre de fois.

Le même procédé peut être appliqué aux verres colorés dans leur masse ou superficiellement ; on obtient ainsi des demi-teintes d'un gracieux effet.

En argentant ou dorant les verres givrés sur la face opposée, on donne au verre l'apparence d'émaux qu'on peut employer à la décoration des plafonds, des frises d'encadrement, des chambranles, des cadres de glaces, etc. (1).

Il y a quelques années, un nouveau produit fut créé par la maison *Kratz-Boussac*, à Paris, pour produire sur le verre des cristallisations imitant les capricieux dessins formés par le givre.

La *givrine* se présente sous l'aspect d'une poudre très divisée, en suspension dans un liquide brun qui sert à fixer le corps sur la vitre. On imbibe un tampon d'ouate avec la solution, après l'avoir agitée, et on frotte en tous sens la glace préalablement nettoyée et bien dégraissée. Au bout d'un quart d'heure, la glace est complètement recouverte de ramifications cristallines d'un joli effet. Un lavage à l'eau acidulée fait disparaître ce givre, mais on peut le faire durer indéfiniment en passant une couche de vernis copal à sa surface.

Le verre enduit de givrine est translucide et peut

(1) *Revue technique de l'Exposition universelle de* 1889.

remplacer, dans certains cas, les verres dépolis, cannelés et striés.

VI. VERRES CRAQUELÉS

Il est facile de produire sur le verre, au moment même de sa fabrication, des craquelures intéressant une portion plus ou moins épaisse de la surface et formant un réseau ramifié qui rappelle les herborisations du verre givré.

Pour obtenir cet effet, on plonge dans l'eau froide la paraison qui vient d'être cueillie, marbrée et réchauffée, à l'extrémité de la canne ; on la retire aussitôt, on la souffle et on l'achève ensuite comme à l'ordinaire.

Les craquelures en tous sens déterminées par le contact subit de l'eau froide s'élargissent pendant le soufflage et deviennent très apparentes ; mais lorsque la pièce n'est pas terminée du coup, il faut éviter un réchauffage un peu trop vif qui les ferait disparaître.

———

SEPTIÈME PARTIE

Notes diverses

CHAPITRE XXXI

PIERRES ARTIFICIELLES

SOMMAIRE. — I. Pierres céramiques obtenues par la dévitrification du verre. — II. Marbre artificiel. — III. Briques fabriquées.

I. PIERRES CÉRAMIQUES OBTENUES PAR LA DÉVITRIFICATION DU VERRE

(EXTRAIT D'UNE NOTE DE M. GARCHEY)

« Les verres qui se dévitrifient le plus facilement sont ceux qui contiennent en excès des bases terreuses, telles que chaux, alumine, magnésie, etc.

« Les verres à bouteilles surtout et à vitres sont dans ce cas.

« On les trouve à l'état de déchets en quantité illimitée.

« Je les réduis en poussière, et, si je le désire, je puis obtenir des variétés de teinte en les mélangeant; c'est ainsi que je puis combiner des verres à vitres avec des verres à bouteilles.

« Je dispose ensuite ces verres dans un moule métallique et je les passe successivement à deux fours pour les faire dévitrifier.

« Le premier four sert à réchauffer progressivement la matière, de façon que toutes les parties soient autant que possible également dévitrifiées.

« Les moules restent environ une heure dans ce four de réchauffement; les molécules de verre, réduites à un état de division extrême par suite de leur état pulvérulent, subissent isolément l'action dévitrifiante de la chaleur, et cela très rapidement, puisque chacune d'elles subit le phénomène séparément. En même temps, elles se ramollissent, se soudent entre elles et arrivent à former une matière pâteuse très consistante.

« A ce moment, les moules sont retirés du four de réchauffement et introduits dans un four à haute température où ils ne séjournent que quelques minutes seulement.

« Cette seconde opération a surtout pour but de compléter la dévitrification des molécules de verre qui auraient échappé à ce phénomène et de rendre la matière plus malléable afin d'être estampée facilement.

« Je retire alors mon moule de ce second four, et je le passe sous la presse. La matière à l'état pâteux se laisse modeler et découper facilement.

« Cette opération d'estampage a, en outre, pour propriété de refroidir la pièce fabriquée et lui donner assez de consistance pour qu'aucune déformation ne soit à redouter par la suite. Au moyen de ce procédé, j'obtiens à volonté des pièces appareillées et moulurées, ayant absolument l'aspect de la pierre de taille, à des prix de revient très réduits.

« J'ai désigné ces divers produits sous le titre générique de *Pierres céramiques*. En tenant compte de



leur inaltérabilité absolue, il est aisé de comprendre que l'architecture a trouvé là un élément nouveau des plus intéressants. »

II. MARBRE ARTIFICIEL

M. Rostaing, à Paris, a trouvé un emploi avantageux pour les déchets de verre de toute espèce.

Tous les fragments de verre cassé, de quelque couleur et de quelque qualité qu'ils soient, sont d'abord concassés d'une manière uniforme, puis on en remplit des moules garnis de talc ou de silice que l'on met au four. On obtient ainsi une masse homogène et très dure que l'on peut tailler en blocs diversement colorés et qui constituent une espèce de marbre artificiel. On laisse en général à ces blocs un côté brut, ce qui donne une surface que l'on peut facilement appliquer sur un mur avec du mortier ou du ciment, pour obtenir ainsi des effets décoratifs très curieux.

On est arrivé à produire des dessins en relief en comprimant la masse pendant qu'elle est encore plastique.

HÉMATINONE

On a trouvé fréquemment dans les fouilles de Pompéï une sorte d'émail d'un beau rouge vif, constituant des vases de luxe, des éléments de mosaïque, etc. Cet émail, auquel les anciens donnaient le nom de *verre hématin* ou *hématinone*, n'est autre que du verre coloré en rouge par le cuivre, mais dans lequel le métal est précipité par masses et produit une opacité complète. Sa couleur rouge est comprise entre celle du cinabre et celle du minium.

L'hématinone est opaque, plus dur que le verre ordinaire, et susceptible de prendre un beau poli. Sa cassure est conchoïdale et son poids spécifique est égal à 3,5. Lorsqu'on le fond, il perd sa couleur rouge.

Pettenkofer a préparé l'hématinone en fondant ensemble de la silice, de la chaux, de la magnésie calcinée, de la litharge, du carbonate de soude, de l'oxyde de cuivre (9 pour 100) et des battitures de fer. Lorsqu'on a obtenu une masse bien homogène, on la laisse se solidifier et on la soumet ensuite plusieurs heures à une température voisine du ramollissement. C'est seulement après ce chauffage que se développent l'opacité et la couleur rouge du verre. Les battitures de fer, destinées à maintenir le cuivre à l'état métallique, pourraient être remplacées par l'oxyde d'étain, mais elles ont l'avantage sur ce dernier de fournir un verre beaucoup plus fusible et plus facile à obtenir.

Si dans le mélange on remplace une partie de la silice par de l'acide borique, on obtient une masse (*astralite*) qui, après le polissage, présente des cristallisations d'une grande beauté sur un fond rouge presque noir.

III. BRIQUES FABRIQUÉES AVEC LES DÉCHETS DU POLISSAGE DU VERRE

Dans la fabrication des plaques de verre, le polissage s'opère au moyen de sable quartzeux humide, agissant au contact de plaques de fer animées d'un mouvement de va-et-vient. Le quartz entame à la fois le verre et le fer, de sorte que le sable, mis au rebut, contient du verre (15 0/0) et du fer (2 0/0).

Ce sable, après avoir été séché, est soumis, dans les moules, à une très forte pression. Les briques ainsi obtenues sont chauffées à 1500°, température à laquelle le verre et le sable se combinent et forment un produit entièrement nouveau.

Ces briques sont parfaitement blanches. Elles résistent à la gelée et sont inattaquables par les acides. Leur résistance à l'écrasement est considérable.

CHAPITRE XXXII

LAINE DE VERRE. – VERRE DIAMANTÉ

Sommaire. — I. Tissus de verre. — II. Coton ou laine de verre. — III. Verre diamanté.

I. TISSUS DE VERRE

Les brins de verre dont on fait des aigrettes pour la décoration des autels, et dont on se servait aussi au dernier siècle pour orner la coiffure des enfants, sont le point de départ de ces étoffes curieuses.

En 1713, après avoir décrit, devant l'Académie des sciences, les procédés employés pour obtenir ces brins, *Réaumur* avança et même prouva que si l'on pouvait leur donner la finesse de la soie des araignées, il serait possible de les appliquer à l'opération du tissage.

Cette idée de l'illustre savant ne reçut alors aucune application, mais, après 1830, *M. Dubus-Bonnet*,

fabricant au faubourg Saint-Antoine, à Paris, est parvenu à produire des fils de verre assez flexibles pour les employer comme fils de trame, et à s'en servir en les combinant avec des fils de soie ordinaire, pour faire, au métier à la Jacquart, des tissus brochés qui imitent les plus riches brocarts. Ces tissus ont paru, pour la première fois, à l'Exposition de 1839. Ils ont été jusqu'à présent plus spécialement destinés à confectionner des ornements d'église.

A une époque plus récente, un émailleur de Saumur s'est servi de ces fils pour imiter le poil de la plupart des animaux, et a obtenu de si remarquables résultats que les sujets préparés par son procédé pourraient, grâce à leur inaltérabilité, remplacer les peaux empaillées qui peuplent les cabinets d'histoire naturelle.

Pour obtenir le verre dans un état de finesse suffisant, on l'étire à la lampe d'émailleur en l'enroulant avec une vitesse plus ou moins grande sur des tambours en bois ou en carton. Le verre est préalablement mis sous forme de fils ou baguettes de gros diamètre qu'on réchauffe sur une certaine longueur, à l'une de leurs extrémités.

Pour être approprié au tissage, le verre est étiré si fin qu'on ne peut l'employer que comme trame, la soie formant chaîne ; à raison de sa finesse, on est obligé d'en réunir à la fois de trente à cinquante brins que l'on passe dans la chaîne sans retour, ce qui se fait au moyen du crochet comme pour les tissus en crin. Il est essentiel d'apporter à ce genre de tissage les soins les plus minutieux. L'une des plus grandes difficultés consiste à prendre toujours, sinon absolument, du moins très approximativement,

le même nombre de fils pour chaque passée : nous disons très approximativement, car il est impossible d'en saisir chaque fois un nombre parfaitement égal, puisque, un seul brin étant presque imperceptible à l'œil nu, on serait obligé de perdre un temps infini à les compter exactement; c'est de là que proviennent les inégalités et les ondulations que l'on remarque dans ces tissus.

Le tissu de verre a longtemps été et est encore quelquefois employé pour des objets qui sont à l'abri d'un froissement trop souvent renouvelé, comme les ornements d'église, chapes, chasubles, etc., pour lesquels les bordures et encadrements qu'on y ajoute produisent d'assez beaux effets. Mais il est d'un usage restreint parce qu'on a reconnu, par l'expérience, les inconvénients de son emploi ; il se détériore, en effet, très vite et se réduit en une poussière volatile qui, tombant dans les yeux, est susceptible d'être préjudiciable à la vue ; en outre, cette poussière ternit les appartements.

Il résulte de là que le tissage du verre est une petite industrie, remarquable et intéressante si l'on veut, mais qui n'a pas encore pris réellement place parmi les découvertes utiles. (*A. Renouard.*)

II. COTON OU LAINE DE VERRE

Le coton ou laine de verre, qui doit être vendu à un prix beaucoup plus bas que le verre filé, est obtenu par des procédés différents plus économiques.

Pour le fabriquer, on dirige un jet de vapeur surchauffée, de telle façon qu'il coupe à angle droit un filet de verre fondu, extrêmement fluide, tombant verticalement d'un creuset ou d'un four où il a été

préalablement fondu ; ce jet de vapeur, animé d'une très grande vitesse, divise la veine fluide et forme une série de petites sphères, qui entraînées elles-mêmes, étirent derrière elles le fil auquel elles sont attachées; il s'ensuit que le produit brut obtenu est composé de fils très fins, au milieu desquels sont disséminées une multitude de petites boules de verre qu'on peut séparer ou non après coup.

On utilise un produit analogue, obtenu avec des laitiers de haut-fourneau, à la confection d'enveloppes calorifuges.

	Coefficients d'isolement
Poils	100
Laine minérale de première qualité	83
Sciure de bois	68
Laine minérale de deuxième qualité	67
Charbon de bois	63
Sapin coupé en travers	55
Terre	54
Asbeste	36
Enveloppe d'air	13

On voit, d'après les chiffres que nous donnons ci-dessus, que le produit nommé « laine minérale » est un isolant de premier ordre, qui est d'autant plus actif qu'il est plus ténu. Il présente en outre sur la plupart des autres matières isolantes l'avantage de ne pas s'altérer à la chaleur (1).

Son principal inconvénient réside dans l'action très nuisible qu'exercent dans les organes respiratoires les poussières ténues qui s'en dégagent.

(1) Appert et Henrivaux. — *Revue technique de l'Exposition universelle de* 1889.

III. VERRE DIAMANTÉ

Le produit connu sous le nom de *verre diamanté* est constitué de petites lamelles de verre excessivement minces; on le prépare en soufflant de grosses boules, soit à l'aide d'une canne de verrier, soit sur des tubes de verre mince chauffés à une de leurs extrémités. On souffle la boule jusqu'à ce qu'elle soit prête à crever; elle présente alors une forme irrégulière et son épaisseur arrive à ne pas dépasser un vingtième de millimètre. En écrasant ces boules avec les précautions convenables pour empêcher les éclats de voltiger dans l'air, on obtient une poudre très légère et très brillante.

Le verre diamanté, à divers états de grosseur et sous différentes couleurs, est employé principalement dans les fabriques de papiers peints, de cartonnages et de fleurs artificielles.

CHAPITRE XXXIII

VERRE SOLUBLE

Sommaire. — I. Procédés par voie sèche. — II. Procédés par voie humide. — III. Usage du verre soluble.

Les anciens verriers et les alchimistes savaient parfaitement que lorsqu'on force la dose des alcalis, dans leur mélange avec la silice, on obtient une matière d'un aspect vitreux qui se dissout quand on

la jette dans l'eau. C'est même là un moyen dont on s'est servi depuis longtemps pour attaquer beaucoup de minéraux qui ont pour base la silice, et pour en faire l'analyse. *Glauber*, en 1648, donna le nom de *liqueur des cailloux* à une combinaison de silicate de potasse qu'il préparait avec de la silice et du sel de tartre.

On désigne aujourd'hui sous le nom de *verre soluble* divers silicates de soude et de potasse qui ont trouvé d'importantes applications dans l'industrie ; ce sont :

1° Le verre soluble de *potasse* ;
2° Le verre soluble de *soude* ;
3° Le verre soluble *double* ;
4° Le verre soluble *fixateur*.

Les procédés en usage pour la fabrication de ces produits peuvent être divisés en deux classes : 1° par *voie sèche* ; 2° par *voie humide*.

Dans les procédés du premier genre, on combine la silice et l'alcali en les soumettant ensemble à l'action d'une forte température. Le verre ainsi obtenu est ensuite réduit en petits morceaux, et enfin dissous dans l'eau chaude.

Dans les procédés par voie humide, on attaque directement la matière siliceuse (silex, farine fossile, etc.) par une lessive alcaline, en facilitant la combinaison par l'action simultanée de la chaleur et de la pression.

I. PROCÉDÉS PAR VOIE SÈCHE

Procédé Fuchs

Les premières tentatives de fabrication industrielle du verre soluble sont dus à *Fuchs*, en 1825. Voici le procédé qu'il employait :

« *Préparation.* — On peut obtenir le verre soluble en dissolvant de la silice précipitée et bien lavée dans une dissolution de potasse bouillante. Mais ce procédé, incommode et coûteux, n'est point praticable en grand.

« Quand on chauffe ensemble du sable et du carbonate de potasse, l'acide carbonique n'est jamais entièrement chassé, à moins que le sable ne soit en quantité dominante. Mais on peut expulser tout l'acide carbonique en ajoutant au mélange de quartz et de carbonate de potasse de la poudre de charbon, en proportions convenables et telles que l'acide carbonique du carbonate non décomposé trouve la dose de charbon nécessaire à sa transformation en oxyde de carbone. De cette manière, la silice forme d'abord un silicate en proportions convenables et chasse l'acide carbonique ; puis, au moyen d'un bon coup de feu, le reste du carbonate de potasse est décomposé par le charbon, l'oxyde de carbone se dégage, et la potasse devenue libre se volatilise ou se combine avec le verre déjà formé.

« Pour obtenir toujours le verre soluble de bonne et de même qualité, il faut prendre plusieurs précautions. La potasse doit être purifiée ; si elle renferme beaucoup de chlorure de potassium, on n'obtient pas un produit entièrement soluble dans l'eau,

et il reste un résidu gluant. En outre, le verre obtenu est efflorescent. Le sulfate de potasse ne produit point de mauvais effet, parce qu'il est décomposé par le charbon quand la fonte est suffisamment prolongée, car, sans cette précaution, le verre renferme du sulfure de potassium qui lui donne également du penchant à l'efflorescence.

« Le quartz doit être pur; du moins il ne doit pas contenir une quantité notable de chaux ou d'alumine, parce que ces terres rendent une partie du verre insoluble. Une faible proportion d'oxyde de fer est sans influence.

« On prend la potasse et le quartz dans la proportion de 2 à 3, et sur 10 parties de potasse et 15 de quartz, on prend 4 parties de charbon. Il ne faut pas prendre moins de charbon ou le supprimer ; bien au contraire, quand la potasse n'est pas suffisamment pure, il est avantageux d'employer une plus grande proportion de charbon. Ce corps accélère beaucoup la fonte du verre et en éloigne tout l'acide carbonique, dont, sans lui, il reste toujours une petite partie qui exerce une influence fâcheuse.

« Du reste, on observe les mêmes précautions que pour la préparation du verre commun. Les matières doivent être d'abord bien mélangées, frittées et ensuite fondues à un feu violent dans un creuset réfractaire jusqu'à ce que la masse soit liquide et homogène. On enlève la matière avec une cuillère de fer et on remplit aussitôt le creuset avec une nouvelle fritte.

« On peut prendre 15 kil. de potasse, 22 kil. 500 de sable et 1 kil. 500 de charbon, en prendre pour une fonte, et le mélange doit alors être chauffé pendant 5 à 6 heures.

« Le verre brut ainsi obtenu est ordinairement chargé de bulles ; il est aussi dur que le verre commun ; il est d'un noir grisâtre et plus ou moins transparent sur les bords. Quelquefois il a une couleur blanchâtre, d'autres fois elle est jaunâtre ou rougeâtre, ce qui est un indice d'une trop faible proportion de charbon. Si on l'expose plusieurs semaines à l'air, il éprouve de légères variations, qui, pour sa destination, sont plutôt avantageuses que nuisibles. Il attire un peu d'humidité de l'air qui le pénètre peu à peu, sans que son agrégation et son apparence soient changées. Seulement, il se fendille et sur sa surface il se produit une légère efflorescence. Si, après qu'il a éprouvé ce changement, on le met au feu, il se gonfle par suite du dégagement de l'eau qu'il avait absorbée.

« Pour le dissoudre dans l'eau, on le bocarde ; car sans cela, la dissolution se ferait trop lentement. Sur 1 partie de verre en poudre on prend à peu près 4 à 5 parties d'eau.

« L'eau est d'abord portée à l'ébullition dans une chaudière, et après on y met peu à peu le verre ; il faut constamment remuer parce qu'il s'attacherait au fond. Il faut que l'ébullition soit continuée 3 ou 4 heures, jusqu'à ce qu'il ne se dissolve plus rien ; et la liqueur a acquis alors le degré de concentration convenable. Si, pendant que la dissolution est encore liquide, on arrête l'ébullition, on donne accès à l'air, et la potasse en attire l'acide carbonique, ce qui produit un effet très nuisible. Par la même raison, il ne faut point prendre une trop grande quantité d'eau pour la dissolution ; car, pendant la longue concentration qui deviendrait nécessaire, l'acide carbonique

de l'air se combinerait facilement à la potasse, ce qui produirait du carbonate de potasse et un précipité de silice. Quand la liqueur devient trop épaisse avant que tout ne soit dissous, il faut ajouter de l'eau chaude.

« Quand la dissolution a atteint une consistance sirupeuse et une densité de 1,24 ou 1,25, elle est suffisamment concentrée et bonne pour l'usage. On la laisse reposer, pour que les parties non dissoutes puissent se déposer ; pendant le refroidissement, il se forme sur la liqueur une pellicule coriace qui, plus tard, disparaît d'elle-même, ou se dissout quand on la plonge dans la liqueur. Cette pellicule se montre déjà pendant l'ébullition, à mesure que la liqueur approche de la concentration ; elle sert même à l'indiquer.

« Quand le verre brut est composé convenablement, qu'il ne contient pas beaucoup de sels étrangers, pas de sulfure de potassium, on peut le traiter comme on vient de l'exposer. Mais s'il renferme notablement de ces corps, il faut, avant de le dissoudre, séparer ces substances étrangères ; on y parvient par la méthode suivante. Le verre bocardé est souvent remué ; s'il s'agglomère trop, ce qui arrive quand il est humide, il faut détruire les masses qui se forment. Le verre attire l'humidité de l'air comme nous l'avons déjà dit, et les substances étrangères se séparent ou s'effleurissent. Alors il est facile d'en séparer le verre. On l'arrose avec de l'eau froide et on le remue souvent. Après trois heures, on enlève la liqueur qui contient tous les sels étrangers et très peu de silicate de potasse et on lave la poudre avec de l'eau neuve. Le verre traité ainsi se dissout faci-

lement dans l'eau bouillante et donne une dissolution qui ne laisse rien à désirer.

« Comme le verre soluble est seulement employé à l'état liquide, il est gardé dans cet état pour l'usage. Pour cela, il n'est pas nécessaire d'avoir des soins particuliers, parce que dans un long espace de temps il n'éprouve pas de changements remarquables, quand la dissolution a été convenablement concentrée. Cependant, il ne faudrait pas laisser à l'air un trop faible accès.

« On obtient un semblable produit en remplaçant la potasse par la soude ; il faut alors à peu près deux parties de carbonate de soude cristallisé pour une partie de quartz. Ce verre se comporte de la même manière que celui à base de potasse, mais il le surpasse à l'emploi. Les dissolutions de ces deux espèces de verre peuvent être mêlées dans toutes les proportions, et ce mélange rend de meilleurs services dans quelques cas, que chacun d'eux pris séparément.

« *Propriétés.* — Le verre soluble forme une dissolution visqueuse qui, concentrée, est un peu trouble ou opale. Il a une réaction et un goût alcalins. La dissolution se mêle avec l'eau dans toutes les proportions. Quand la densité de la dissolution est de 1,25, elle contient presque 28 0/0 de verre ; quand on la concentre davantage elle devient très visqueuse et peut se tirer en fils comme le verre fondu. A la fin, la liqueur se prend en une masse vitreuse cassante, dont la cassure est conchoïde, elle ressemble beaucoup au verre ordinaire, mais n'a point autant de dureté. Quand la dissolution a été appliquée sur d'autres corps, elle sèche rapidement à la tem-

pérature de l'air, et forme un enduit analogue au vernis.

« Le verre soluble desséché n'éprouve pas de changements remarquables à l'air, et n'en attire ni l'eau ni l'acide carbonique. Aussi, l'acide carbonique de l'air n'a-t-il point d'action bien prononcée sur la dissolution concentrée, quoiqu'elle se décompose et laisse précipiter de l'hydrate de silice, quand on y fait passer un courant d'acide carbonique. Mais la dissolution étendue devient trouble à l'air avec le temps et se décompose entièrement. Lorsque le verre est impur, il se forme après quelque temps une efflorescence produite par du carbonate et de l'hyposulfite de potasse ou par du chlorure de potassium.

« Le verre se dissout peu à peu et sans résidu dans l'eau bouillante, mais dans l'eau froide la dissolution se fait si lentement que l'on pourrait croire qu'elle n'a pas lieu ; il ne devient entièrement insoluble que quand il renferme d'autres corps, tels que des terres et des oxydes métalliques, etc., qui forment des sels doubles ou triples, ainsi que cela a lieu pour les verres ordinaires.

« Le verre soluble qui a subi le contact de l'air se boursoufle d'abord avec bruit, et fond assez difficilement, quand on le soumet à l'action du feu. Il perd alors à peu près 12 0/0 de son poids. Il contient donc, même à l'état solide, une quantité considérable d'eau qu'il ne peut point perdre à la simple dessiccation par l'air.

« L'alcool le précipite, sans l'altérer, de sa dissolution dans l'eau. Quand la dissolution est très concentrée, il faut peu d'alcool pour le précipiter, et il n'a pas besoin d'être très rectifié. On peut donc se servir

pour produire du verre soluble pur, d'une dissolution de verre soluble impur; on traite la dissolution par l'alcool, on laisse reposer le précipité gélatineux, on soutire la liqueur surnageante, on rassemble le dépôt, on le pétrit rapidement après avoir ajouté un peu d'eau froide et on le presse. A la vérité, on éprouve quelque perte, parce que l'eau froide dissout rapidement le verre précipité, à cause de sa grande division.

« Les acides décomposent la dissolution du verre; ils agissent aussi sur le verre solide et en séparent la silice à l'état pulvérulent. »

Procédés Kuhlmann

La méthode de Fuchs a été perfectionnée de 1840 à 1863 par l'éminent chimiste *Kuhlmann*, dont les découvertes ont puissamment contribué à étendre le champ des applications du verre soluble (1).

La silice qu'il employait était du sable pur provenant des environs de Creil.

Les carbonates alcalins devaient être aussi purs que possible. Kuhlmann tirait sa potasse des résidus de la distillation des betteraves et lui faisait subir une purification soignée avant de l'employer. Le carbonate de soude était préparé par le procédé *Leblanc* et raffiné avec soin. (On se servirait aujourd'hui avec avantage du carbonate de soude préparé à l'ammoniaque).

Pour éviter la coloration des produits par les fumées du four, une petite proportion de nitrate de

(1) Le lecteur consultera avec fruit les *Recherches scientifiques* et publications diverses de Kuhlmann. Paris, 1878.

soude ou de potasse, 3 ou 4 0/0, était ajoutée au mélange de silice et d'alcali.

Ce mélange était fait dans des proportions variables suivant la nature du produit à obtenir. Pour le silicate de potasse destiné à la peinture murale, Kuhlmann prenait 1 équivalent de potasse pour 2 équivalents de silice. Pour le silicate de soude la proportion de silice était réduite à 1,5 équivalent pour 1 de soude. Le mélange était place sur la sole d'un grand four à réverbère chauffé par deux foyers placés aux extrémités.

En dissolvant les composés sortant de ce four, Kuhlmann obtenait des solutions concentrées (sans être solidifiées) pesant 35° Baumé pour le silicate de potasse et 50° B. pour celui de soude.

M. Kuhlmann fils a imaginé un procédé un peu plus direct que le précédent, en utilisant les nitrates de soude ou de potasse (salpêtre) au lieu des carbonates.

Il chauffe dans des fours à réverbère un mélange de sable et de nitrate alcalin. Celui-ci est décomposé par la silice, et il se forme une masse poreuse qui, à une température suffisamment élevée, fournit du silicate alcalin. Il se dégage en même temps une grande quantité d'acide nitrique que l'on condense au sortir des fours.

II. PROCÉDÉS PAR VOIE HUMIDE

Le traitement par voie humide consiste à chauffer la matière siliceuse dans une chaudière autoclave contenant une solution de soude ou de potasse caustiques.

Dans le procédé anglais la matière siliceuse est le silex pyromaque ou pierre à fusil (*flint*, en anglais). On chauffe d'abord ces pierres au rouge, et on les jette dans l'eau froide pour les étonner et en rendre le bocardage plus facile ; en même temps l'action du feu fait disparaître les matières bitumineuses qui accompagnent le silex et qui coloreraient le verre soluble.

Les silex concassés sont placés sur le faux-fond perforé d'une chaudière en tôle pourvue d'une fermeture autoclave et pouvant supporter une pression de 6 atmosphères. On introduit alors une solution de soude ou de potasse caustique à 20° B., on ferme la chaudière et on chauffe de manière à maintenir la pression de 6 atmosphères pendant 5 à 6 heures. Quand la densité de la solution atteint 30 ou 32° B., on fait écouler le silicate de soude.

Si on cherchait à dépasser cette densité, il se formerait une grande proportion de silicate acide insoluble. Cette méthode est plus économique que les procédés de fabrication par voie sèche, mais elle donne toujours un silicate très caustique ; le rapport de l'alcali à la silice y est comme 1 à 2.

La terre à infusoires, très abondante dans l'Allemagne du Nord, se dissout avec beaucoup plus de facilité dans les alcalis, et l'on obtient avec une lessive de 1,2 de densité, sous une pression de 3 atmosphères, un silicate trois fois plus riche en silice. Il y aurait donc tout avantage à faire servir cette silice soluble à la fabrication des silicates alcalins.

Seulement pour obtenir un produit incolore on est obligé de soumettre la terre à une calcination préalable, dans le but de détruire les matières organiques qui l'accompagnent et qui coloreraient fortement la

lessive alcaline. Or ce n'est que récemment que *MM. Grüne* et *Hagemann* sont arrivés à opérer industriellement cette calcination, assez difficile à cause du peu de conductibilité de ce produit.

Avec cette terre calcinée, *M. F. Capitaine* a entrepris une série d'essais pour la fabrication du verre soluble, dont nous allons donner un aperçu.

Procédé F. Capitaine (1)

Une lessive de soude de 1,22 à 1,24 de densité est introduite dans un digesteur, muni d'un arbre à palettes. On y fait tomber peu à peu, en agitant, une quantité de terre calcinée calculée de manière à saturer la soude (2 parties 8 de terre, supposée pure, pour 1 partie d'hydrate de soude). On ferme alors le digesteur et l'on chauffe le contenu par un courant de vapeur d'eau sous une pression de 3 atmosphères ; on maintient cette pression pendant 3 heures.

Lorsque la dissolution est effectuée, le dépôt de la partie insoluble se fait rapidement. Si la dissolution n'est pas complète, ou si la terre est en excès, la clarification du liquide ne s'opère que difficilement. La même chose a lieu si l'on emploie de la soude trop concentrée (de 1,3 de densité), car la densité de la lessive de silicate (1,25) est trop forte pour que le sable et l'oxyde de fer puissent se déposer facilement. Il faut arriver à donner à cette lessive de silicate une densité de 1,18 (si la densité de cette lessive est moins forte que celle de la soude employée, cela tient à la condensation d'une certaine quantité de vapeur d'eau).

Pour préparer le silicate de potasse on devra aug-

(1) *Dingler's polytechnisches journal.*

menter de 10 à 15 0/0 la proportion de terre calcinée et chauffer sous pression pendant 1 à 2 heures de plus.

La terre à infusoires peut aussi servir à neutraliser le silicate alcalin obtenu par la méthode anglaise.

Pour ce qui concerne le côté économique du système, M. Capitaine a trouvé que la méthode humide peut concourir avec le procédé anglais partout où les frais de transport n'élèvent pas le prix de revient de la farine fossile au-delà de 15 à 20 pour 100. Ceci suppose un mode rationnel de lessivage automatique et la possibilité d'acheter à bas prix la farine fossile calcinée. Le principal avantage de ce procédé est de supprimer les fours de fusion et les désagréments qu'ils entraînent.

III. USAGES DU VERRE SOLUBLE (1)

Le premier emploi du silicate de potasse fut celui de *matière ignifuge*. On s'en est servi pour la première fois au théâtre de Munich comme moyen préservatif contre l'incendie. Etendu en plusieurs couches sur le bois, la toile, le papier, etc., le verre soluble forme en effet un enduit qui isole ces corps de l'air extérieur et s'oppose par conséquent à leur combustion avec flamme. Le phosphate d'ammoniaque, l'oxyde de zinc, le chlorure de zinc, le sulfate de fer et l'alun, partagent cette propriété avec le verre soluble ; à la vérité, tous ces agents préservatifs sont imparfaits et jusqu'ici leur emploi ne peut procurer qu'une sécurité illusoire.

(1) La plupart des renseignements qui suivent ont été empruntés au *Traité de Chimie industrielle* de Wagner, Fischer et Gautier.

Une propriété plus importante du verre soluble est celle d'unir et de coller. C'est une véritable *colle minérale*, dont on peut se servir avec avantage pour réparer le verre, la porcelaine, le marbre, etc. La craie et le phosphate de chaux pulvérisés donnent avec le verre soluble une masse compacte qui acquiert en se desséchant une dureté presque égale à celle du marbre. Le carbonate de magnésie (dolomie) donne encore plus de cohésion que la craie. La chaux éteinte broyée avec le verre soluble forme une masse qui se solidifie rapidement et qui devient assez dure en séchant; il se produit dans ce cas une véritable combinaison et de la potasse est mise en liberté. Il en est de même avec l'oxyde de zinc et avec la magnésie.

Le plâtre broyé avec une solution de verre soluble se prend immédiatement en masse, et pendant la dessiccation sa surface se recouvre d'efflorescences de sulfate alcalin ; cette masse, après dessiccation, ne présente guère plus de cohésion que le plâtre ordinaire.

L'emploi du verre soluble pour enduire au pinceau les pierres et les murs crépis, afin d'empêcher leur altération sous l'action des agents atmosphériques, pour préparer des ciments et des pierres artificielles, constitue une application importante de cette substance.

Pour fabriquer des *pierres artificielles* on prépare une masse plastique en mélangeant du sable avec une solution de silicate de soude, on comprime cette masse dans des moules et on la plonge dans une solution de chlorure de calcium. Le silicate de chaux formé au contact de cette solution soude les grains de sable entre eux tandis que le chlorure de sodium

reste en dissolution et est complètement éliminé par des lavages.

Le verre soluble est employé en grandes quantités pour la *falsification des savons*.

On s'en sert aussi pour l'*encollage des tissus* de coton, dans l'impression des étoffes (comme succédané de l'albumine pour la fixation des couleurs), dans la fabrication du papier, pour le lavage de la laine (à la place du savon et de la soude), etc.

Enfin, depuis quelque temps le silicate de potasse (exempt de silicate de soude) est employé en chirurgie pour la *contention des fractures*, à la place de l'amidon, de la dextrine ou du plâtre ; on se sert dans ce but d'une solution visqueuse marquant 33° B.

Une des applications les plus importantes du verre soluble est l'emploi de cette substance pour une sorte de peinture murale à laquelle *Fuchs* a donné le nom de *Stéréochromie* (1). Dans cette espèce de peinture qui a été mise en pratique et perfectionnée par *Kaulbach*, le verre soluble constitue le moyen fixateur des couleurs et leur fond. Dans la stéréochromie sur *fond de mortier*, le fond, c'est-à-dire le crépi, doit être l'objet d'un soin tout particulier. Le premier crépi ou fond inférieur est fait avec un mortier de chaux. Lorsque le mortier est complètement sec on l'imprègne de verre soluble.

On se sert du verre soluble de soude ou du verre soluble double que l'on mélange avec une solution de silicate de soude basique, en quantité telle que le liquide ne soit pas opalescent, mais tout à fait clair.

(1) Ce genre de peinture est très employé en Allemagne et en Amérique. La cour du Palais-Royal de Munich est peinte en stéréochromie.

Lorsque le fond inférieur a été solidifié de cette manière, on fait le fond supérieur qui doit recevoir la peinture ; ce fond, analogue au fond inférieur, doit avoir une surface aussi plane que possible, et lorsqu'il est sec on le frotte avec un grès fin afin d'enlever la couche mince de carbonate de chaux qui s'est formée pendant la dessiccation et qui empêcherait l'absorption de la solution de verre soluble, et afin de donner en même temps à la surface la rudesse nécessaire. Dès que le fond inférieur est bien sec, on l'imprègne avec du verre soluble, afin de lui donner la consistance convenable, et qu'il se confonde avec le fond sous-jacent. Sur le fond supérieur tout à fait sec, on applique les couleurs simplement avec de l'eau pure, en arrosant fréquemment le mur avec ce liquide.

Il ne reste plus maintenant qu'à fixer les couleurs, ce à quoi est destiné le *verre soluble fixateur*, mentionné plus haut, que l'on projette sur la peinture sous forme d'une poudre fine ou d'un brouillard au moyen d'un pulvérisateur.

Pour terminer, on lave la peinture au bout de deux jours avec de l'esprit-de-vin, qui enlève les saletés et la poussière, ainsi qu'un peu d'alcali mis en liberté. Comme couleurs stéréochromiques on emploie : blanc de zinc, vert de chrome (oxyde de chrome), vert de cobalt (vert de Rinmann), rouge de chrome (chromate de plomb basique), jaune de zinc, oxyde de fer (rouge clair, rouge foncé, violet et brun), sulfure de cadmium, outremer, ocre (ocre clair, ocre chair, ocre d'or), terre de Sienne, ombre, etc. Le cinabre doit être rejeté parce qu'à la lumière il devient brun et enfin tout à fait noir. L'outremer de cobalt paraît beaucoup

plus clair après la fixation, et pour cette raison il n'est pas employé dans la stéréochromie.

La dernière application du verre soluble que nous citerons, et la plus importante, est celle que *Kuhlmann* a proposée pour la préservation des matériaux de construction. Nous allons seulement en exposer le principe, renvoyant le lecteur aux *Recherches scientifiques et publications diverses* de Kuhlmann, pour plus de détails.

Lorsqu'on met en contact de la chaux grasse délayée dans de l'eau avec une dissolution de silicate de potasse ou de soude, la potasse ou la soude sont déplacées et l'acide silicique en se combinant à la chaux se substitue à une partie de l'eau qui l'hydratait et qui formait une pâte susceptible de se délayer indéfiniment dans ce liquide. Cette combinaison donne à la chaux la nature d'une matière plastique, laquelle, surtout si elle a subi l'action de la chaleur, ne blanchit plus l'eau qui la baigne. Lorsque cette chaux, ainsi convertie en un silicate basique, se trouve dans les constructions mise en contact avec l'air, elle absorbe l'acide carbonique et se transforme peu à peu en silicio-carbonate de chaux, substance qui acquiert la dureté caractéristique des ciments hydrauliques. Si au silicate de potasse ou de soude, on substitue l'aluminate de potasse ou de soude, des phénomènes analogues se produisent.

CHAPITRE XXXIV

SUCCÉDANÉS DU VERRE

SOMMAIRE. — I. Verre au phosphate de chaux. — II. Verre flexible. — III. Tectorium. — IV. Imitation d'émail cloisonné.

I. VERRE AU PHOSPHATE DE CHAUX

M. Sidot est parvenu à transformer le phosphate de chaux sous l'influence de la chaleur, en une matière cristallisée, ressemblant au verre le plus beau. Cette matière, appelée pyrophosphate de chaux, soumise à une température plus élevée, passe à l'état vitreux le plus parfait en abandonnant une partie de ses éléments, pour prendre probablement l'état de phosphate tribasique de chaux. Pour préparer le verre de phosphate de chaux, M. Sidot chauffe le phosphate acide dans une capsule de fer émaillée, afin de lui donner l'état pâteux.

Arrivé à ce point, on change de vase, on coule la matière dans une marmite bien propre et on la porte au rouge sombre en l'agitant avec une spatule en fer, pour éviter le boursouflement qui entraînerait le tout au dehors.

On maintient cette température jusqu'à ce que toute la masse soit devenue vitreuse et transparente. On la met ensuite dans un creuset, afin de pouvoir augmenter la chaleur et obtenir lentement le rouge blanc. On maintient cette température environ deux heures, en agitant avec une baguette en fer pendant

la première heure, pour faciliter le départ des éléments volatils et rendre toute la masse plus homogène. On laisse reposer une heure et on coule soit sur un disque métallique chaud, soit dans un mortier métallique qu'il faut couvrir, aussitôt la coulée du verre opérée, pour éviter un refroidissement trop brusque. Si ces précautions ne sont pas prises, le verre, en se refroidissant, éclate en plusieurs morceaux, absolument comme le ferait le verre ordinaire refroidi dans les mêmes conditions. On a pu couler des glaces de 40 centimètres de diamètre sur 6 millimètres d'épaisseur.

Ce verre a également pu être coulé dans des capsules en platine, ce qui a fourni des masses volumineuses, et d'une très grande limpidité. Cette matière est d'une transparence parfaite. Elle est très réfringente; son indice de réfraction est 1,523, celui du crown-glass étant 1,525.

La densité du verre de phosphate de chaux est 2,6. Il se laisse travailler comme le verre ordinaire; on en fait des lentilles, des prismes, des verres à lunettes et des brillants pouvant être comparés aux plus brillants strass.

Le verre de phosphate de chaux ne dissout pas tous les oxydes métalliques, ainsi que le fait le verre ordinaire, mais il dissout très bien les oxydes de cobalt et de chrome.

Les saphirs phosphatés ont sur les saphirs strass et naturels l'avantage de donner des feux rouge-violet, soit au soleil, soit la nuit à la lumière du gaz. Ce verre n'est pas attaqué à froid par les acides, mais il l'est par les acides bouillants et par la potasse. Il n'est pas attaqué par l'acide fluorhydrique.

Cette propriété peut le rendre précieux dans l'emploi des verres à lunettes, pour les ouvriers qui sont exposés à ces vapeurs et qui sont obligés de travailler dans l'art si répandu aujourd'hui de la gravure sur verre. Il peut également servir à émailler d'une manière très uniforme les creusets en terre et la porcelaine dégourdie.

II. VERRE FLEXIBLE

Sous ce nom, un ingénieur autrichien, *M. Eckstein*, désigne une substance aussi transparente que le verre ordinaire, mais en même temps flexible et très solide.

Pour la préparer, il dissout 40 à 80 parties de coton triazoïque (coton à collodion) dans environ 100 parties en poids d'un mélange d'alcool et d'éther; cette solution est ensuite mélangée avec 2 à 5 0/0 d'huile de ricin ou d'une autre huile non résineuse, puis avec 4 à 10 0/0 de résine ou de baume du Canada.

Ce mélange est étendu sur une plaque de verre et séché dans un courant d'air chaud à 50°. Il se transforme assez rapidement en une substance dure, vitreuse, transparente dont l'épaisseur peut être réglée à volonté.

Cette substance, très flexible et presque incassable, est sans odeur et résiste parfaitement à l'action des sels, des alcalis ou des acides. Son degré d'inflammabilité est très inférieur à celui des autres combinaisons de collodion et peut être annulé en ajoutant du chlorure de magnésium à la composition.

Un peu d'oxyde de zinc donne à la masse l'appa-

rence de l'ivoire et on peut naturellement lui communiquer toute espèce de couleurs ou de teintes.

Il existe un autre genre de verre flexible que l'on prépare à l'aide de papier d'épaisseur convenable qui est d'abord rendu transparent au moyen de vernis copal; quand il est bien sec on le polit et on le frotte avec de la pierre ponce, puis on y passe une couche de verre soluble et on le frotte de nouveau avec du sel. La surface devient aussi polie que du verre.

On se sert encore d'une substance analogue au verre flexible de *M. Eckstein* pour la fabrication de perles artificielles.

La matière première est la nitrocellulose que l'on peut employer soit à l'état brut, soit à l'état purifié. Cette nitrocellulose est dissoute dans un mélange d'alcool et d'éther (78 parties d'alcool et 21 parties d'éther pour 1 partie de nitrocellulose). La dissolution ainsi préparée est versée sur une table de bois, de verre, de porcelaine ou de métal. Après l'évaporation du dissolvant, il reste une pellicule solide présentant l'aspect de la nacre. On peut encore se servir comme dissolvant de verre soluble dans la proportion de 10 parties de verre pour 90 parties d'eau.

III. TECTORIUM

Le tectorium se compose d'une pâte gélatineuse transparente de couleur jaune, coulée en plaques minces et au milieu de laquelle est un tissu métallique qui lui donne la consistance nécessaire. Ce produit se fabrique par largeur de 1m20 et par pièce de 7 mètres de longueur. Le mètre carré pèse environ 2 kil. 300.

Le tectorium réfracte les rayons du soleil tout en possédant la même transparence que le verre opale; il est tenace et flexible, se laisse plier sans se casser, ne craint pas la gelée, ne se dissout pas dans l'eau.

Il est mauvais conducteur de la chaleur; exposé à l'air, il devient de plus en plus résistant et s'éclaircit peu à peu au soleil.

En passant une légère couche de couleur à l'huile sur le tectorium, on obtient une imitation de verre peint difficile à distinguer du verre coloré.

Il se coupe facilement avec des ciseaux et on peut lui donner la forme que l'on désire.

Pour bien fixer le tectorium, il faut le clouer sur le petit bois des fenêtres comme le verre ordinaire et lorsqu'il s'agit de l'employer sur du fer ou de la fonte, il faut d'abord garnir le métal de petites lattes de bois et le fixer sur ces dernières avec des clous à large tête de préférence assez éloignés des bords du tissu.

Les qualités et avantages de ce produit sont mentionnés dans le Bulletin technologique de la Société des anciens élèves des écoles des Arts et Métiers, par M. Lambert, qui considère le tectorium comme un bon succédané du verre, non seulement en raison de son prix qui est de beaucoup inférieur, mais aussi à cause de son emploi multiple, de sa longue durée et de sa pose facile sans rupture.

On utilise encore la gélatine solidifiée, rendue insoluble au moyen de l'aldéhyde formique pour fabriquer des objets transparents imitant le verre jusqu'à un certain point.

On fait tremper de bonne gélatine blanche pendant douze heures dans son poids d'eau, puis on la

fait fondre au bain-marie, on y ajoute 10 pour 100 d'une solution concentrée d'aldéhyde formique. Le mélange bien homogène est moulé, puis on le laisse refroidir. Au sortir du moule, on l'enduit d'une couche d'une solution concentrée d'aldéhyde, soit en l'y plongeant, soit au moyen d'un pinceau.

Les objets ainsi obtenus sont transparents.

L'addition à la gélatine d'un peu de blanc de zinc délayé dans l'alcool donne une imitation de marbre blanc. On peut varier les effets en ajoutant des oxydes colorés.

Ce produit est ininflammable.

IV. IMITATION D'ÉMAIL CLOISONNÉ

Pour produire l'émail cloisonné, on soumet d'abord l'objet à émailler à un travail préparatoire, soit en creusant le métal aux endroits destinés à recevoir l'émail, soit en dissolvant de fines lamelles de métal correspondant également à la quantité requise d'émail. Les grandes difficultés que présente ce genre de travail rendent la fabrication de l'émail cloisonné, aussi bien que l'émail dont on garnit parfois les grilles, extrêmement chère.

M. F. Perdrizet a découvert un procédé pour obtenir un émail artificiel, en trempant l'objet à émailler, préparé en conséquence, dans une solution de gélatine qui remplit les creux et à laquelle on donne ensuite la couleur désirée. Il est bon de tremper l'objet à plusieurs reprises dans la gélatine ou d'appliquer celle-ci sur l'objet, en ayant soin de laisser sécher chaque couche avant d'appliquer la suivante.

Lorsqu'on opère sur des objets minces et ajourés, on peut procéder de la même manière que pour la préparation de papier à gélatine, c'est-à-dire qu'on verse la solution de gélatine sur une plaque en verre et sur celle-ci on dépose l'objet à émailler. Lorsque la gélatine s'est durcie, on retire l'objet de la plaque, ce qui est aisé. On peut donner à la gélatine la couleur désirée avant son application, mais il est préférable de le faire après pour que l'objet garde son aspect naturel.

Si la gélatine doit garder un aspect transparent, on la colore au verso, soit avec de la laque, soit avec une couleur à l'huile ou à l'eau; si, par contre, la couleur doit être opaque, on applique un vernis coloré.

Ce procédé est surtout recommandable pour l'émaillage artificiel de menus objets tels que vases, coffrets, etc., et d'articles de bijouterie, soit broches, boutons, etc. De la même manière encore, on peut préparer des globes de lampe, imitations de vitraux pour lanternes, etc.

CHAPITRE XXXV

NOTIONS DE CHIMIE A L'USAGE DU VERRIER

Sommaire. — I. Généralités. — II. Poids atomiques, symboles. — III. Combinaisons chimiques. — IV. Formules. — V. Quantivalence. — VI. Définition des métalloïdes et des métaux.— VII. Radicaux composés. — VIII. Oxydes. — IX. Acides. — X. Bases. — XI. Sels.

I. GÉNÉRALITÉS

Toutes les substances qui intéressent le verrier peuvent être divisées en deux grandes classes : les corps *simples* et les corps *composés*.

Les corps *simples* sont ceux qui, comme le fer, le cuivre, l'or, n'ont pu jusqu'à présent être décomposés, par l'analyse, en d'autres éléments dont les propriétés soient différentes. On peut considérer un corps simple comme formé d'un grand nombre de particules extrêmement petites, toutes semblables entre elles et de mêmes dimensions. Ces particules sont désignées sous le nom d'ATOMES.

Les corps *composés* sont au contraire susceptibles d'être ramenés à des éléments différents, à l'aide desquels on peut généralement reproduire par combinaison les corps primitifs.

L'eau, par exemple, se dédouble en deux gaz bien distincts, l'oxygène et l'hydrogène, qui, ne pouvant être eux-mêmes décomposés, sont des corps simples : 9 grammes d'eau se décomposent toujours en 8 gr.

d'oxygène et 1 gramme d'hydrogène, de quelque manière qu'on en opère la séparation.

Lorsqu'on combine 8 grammes d'oxygène et 1 gr. d'hydrogène, on obtient exactement 9 grammes d'eau. Si l'on tente de combiner 8 grammes d'oxygène avec 2 grammes d'hydrogène, on ne réussit qu'à obtenir 9 grammes d'eau et un résidu d'hydrogène pesant 1 gramme. Ces expériences montrent que l'eau est composée de deux corps simples unis toujours dans les mêmes proportions.

Si nous revenons à l'idée des atomes qui constituent les corps simples, nous pouvons imaginer que les atomes d'oxygène et d'hydrogène sont groupés très régulièrement, puisque la composition de l'eau est la même en tous les points, et que les plus petits groupes qu'il soit possible d'isoler sont formés d'un nombre constant d'atomes d'oxygène et d'hydrogène, unis les uns aux autres d'une façon bien déterminée. C'est à ces groupes d'atomes que l'on donne le nom de MOLÉCULES.

Les corps composés peuvent être considérés comme formés de molécules, toutes semblables entre elles, et dont chacune est constituée par un groupement bien défini d'atomes de corps simples.

II. POIDS ATOMIQUES, SYMBOLES

On a pu déterminer le nombre et le poids relatif des atomes de corps simples entrant dans la constitution des molécules des différents corps. (Nous n'avons pas à nous occuper ici de la théorie sur laquelle repose cette détermination; nous ne voulons qu'en résumer les résultats sous les yeux du lecteur.)

Le tableau suivant indique les symboles à l'aide

desquels on représente les atomes des corps simples les plus usuels ; il fait aussi connaître les poids relatifs de ces atomes, l'unité adoptée étant le poids de l'atome d'hydrogène :

Noms des Corps	Symboles	Poids atomiques
Aluminium.	Al	27,5
Ammonium	Am	18
Antimoine (Stibium)	Sb	120
Argent.	Ag	108
Arsenic	As	75
Azote	Az	14
Baryum	Ba	137
Bismuth	Bi	207,5
Bore.	Bo	11
Brome.	Br	80
Cadmium.	Cd	112
Calcium	Ca	40
Carbone	C	12
Chlore.	Cl	35,5
Chrome	Cr	52,5
Cobalt.	Co	59
Cuivre.	Cu	63,4
Etain (Stannum)	Sn	118
Fer	Fe	56
Fluor	Fl	19
Hydrogène.	H	1
Iode.	I	127
Magnésium.	Mg	24
Manganèse.	Mn	55
Mercure (Hydrargyrum)	Hg	200
Nickel	Ni	59
Or (Aurum)	Au	196,7
Oxygène.	O	16
Phosphore	Ph	31
Platine.	Pt	196
Plomb	Pb	207
Potassium	K	39
Silicium	Si	28
Sodium (Natrium).	Na	23
Soufre.	S	32
Strontium	Sr	87,5
Uranium.	U	240
Zinc.	Zn	65,5

Les *symboles* des corps simples servent à écrire les *formules* des corps composés, d'après les règles de la nomenclature atomique de Gerhardt, qui a remplacé l'ancienne notation en équivalents de Berzélius.

Il est nécessaire, pour faire comprendre le principe de ce système d'écriture, de dire quelques mots des combinaisons chimiques et des lois auxquelles elles sont soumises.

III. COMBINAISONS CHIMIQUES

Nous devons ici insister sur la signification du mot *combinaisons* et bien montrer qu'il s'agit de tout autre chose que de mélanges plus ou moins parfaits.

On peut *mélanger* les corps en toutes proportions, mais ils ne se COMBINENT qu'en proportions déterminées.

Le mélange présente des propriétés intermédiaires entre celles des éléments ; la combinaison peut posséder des propriétés toutes différentes.

On peut séparer les éléments d'un mélange, fût-il fait d'une manière très intime, par des procédés purement mécaniques ; il est nécessaire de recourir à des agents tels que la chaleur, l'électricité, les réactions chimiques, etc., pour désunir les éléments d'une combinaison.

Le mélange s'effectue sans dégagement ni absorption de chaleur ; lorsqu'il y a combinaison, une certaine quantité de chaleur, quelquefois considérable, se trouve mise en liberté, ou bien absorbée, pendant la formation du nouveau composé. (Le composé est d'autant plus stable que la chaleur dégagée au mo-

ment de sa formation est relativement plus grande; lès corps formés avec absorption de chaleur sont instables et souvent explosifs.)

IV. FORMULES

Un corps simple est représenté simplement par son *symbole*.

Un corps composé est représenté par une *formule*, qui exprime à la fois : par des symboles, la nature des corps simples qu'il renferme; et par des chiffres, le rapport numérique des atomes simples qui constituent une molécule de ce corps.

Ces chiffres se placent en haut et à droite des symboles. (Le nombre 1 ne s'exprime généralement pas.)

Ainsi le chlorure d'argent, dont la molécule est formée d'un atome d'argent (Ag) et d'un atome de chlore (Cl), sera indiqué par la formule $Ag^1 Cl^1$, ou simplement AgCl. — Le chlorure de plomb, dont la molécule est formée de deux atomes de chlore pour un atome de plomb (Pb) sera représenté par la formule $Pb Cl^2$. — Le carbonate de soude, dont la molécule est formée d'un atome de carbone (C), trois atomes d'oxygène (O) et deux atomes de sodium (Na) s'écrira $C O^3 Na^2$, etc.

V. QUANTIVALENCE

Dans la molécule d'un corps composé, les atomes ont entre eux des relations numériques simples, telles que 1 à 1, 1 à 2, 1 à 3, 2 à 3, etc.

De même, dans une série de corps analogues par leurs propriétés chimiques, les éléments différents susceptibles de se substituer l'un à l'autre ont entre

eux des rapports simples. Par exemple, dans l'acide sulfurique (SO^4H^2), le sulfate de soude (SO^4Na^2), le sulfate de potasse (SO^4K^2), le sulfate de chaux (SO^4Ca), le sulfate de fer (SO^4Fe), etc., les nombres d'atomes d'hydrogène, de sodium, de potassium, de calcium, de fer, etc., qui sont combinés au radical acide SO^4 dans une molécule, sont 2, 2, 2, 1, 1, etc.

S'il s'agit de chlorures au lieu de sulfates, les nombres d'atomes métalliques combinés au chlore sont aussi simples : H^2Cl^2, Na^2Cl^2, K^2Cl^2, $CaCl^2$, $FeCl^2$, etc.; de même pour les sulfures : H^2S, Na^2S, K^2S, CaS, FeS, etc.

Or, en comparant ces formules, on peut voir que dans les sels de sodium et de potassium il y a toujours deux atomes de métal combinés à SO^4, ou à Cl^2, ou à S, tandis qu'un seul atome de calcium ou de fer est combiné aux mêmes radicaux SO^4, Cl^2 et S ; autrement dit 1 atome de calcium ou de fer équivaut à 2 atomes de sodium ou de potassium. Une distinction semblable peut être faite sur tous les sels métalliques. On a été par suite amené à diviser les corps simples suivant la valeur relative de leurs atomes.

L'hydrogène, le sodium, le potassium, etc., qui se remplacent atome à atome, sont considérés comme *monovalents*, c'est-à-dire valant 1. Le calcium, le fer, le zinc, etc., dont les atomes remplacent respectivement 2 atomes des corps précédents, sont dits *bivalents*, c'est-à-dire valant 2. Le phosphore, le bismuth, l'aluminium, dont l'atome se substitue à 3 atomes monovalents, sont dits *trivalents*, et ainsi de suite.

Le tableau suivant indique comment les corps simples sont groupés à ce point de vue :

Corps monovalents

MÉTALLOÏDES	MÉTAUX ALCALINS	MÉTAUX USUELS
—	—	—
Chlore.	Sodium.	(Hydrogène).
Brome.	Potassium.	Argent.
Iode.	Lithium.	Or (*au minimum*)
Fluor.	(Ammonium).	Cuivre (*au min.*)
		Mercure (*au minimum*).

Corps bivalents

MÉTALLOÏDES	MÉTAUX ALCALINO-TERREUX	MÉTAUX USUELS
—		—
Oxygène.	Calcium.	Cuivre (*au maximum*).
Soufre.	Baryum.	Mercure (*au max.*)
	Strontium.	Zinc.
	Magnésium.	Manganèse.
		Nickel.
		Cobalt
		Etain (*au minim.*)
		Platine (*au min.*)
		Fer (*au minimum*)
		Plomb.

Corps trivalents

MÉTALLOÏDES		MÉTAUX USUELS
—		—
Azote.		Or (*au maximum*)
Phosphore.		Fer (*au maximum*) (1).
Arsenic (*au minimum*).		Chrome (1).
Antimoine (*au minimum*).		Aluminium (1).
		Bismuth.

(1) On considère souvent l'aluminium, le chrome et le fer au maximum comme constitués de groupes de 2 atomes (Al^2), (Cr^2), (Fe^2). Ces groupes sont alors *hexavalents* et leurs composés ont pour formules : $(Fe^2)Cl^6$, $(Fe^2)O^3$, $(Al^2)O^3$, etc.

Corps tétravalents

MÉTALLOÏDES		MÉTAUX USUELS
Carbone. Silicium.		Etain (*au maximum).* Platine (*au maximum*).

Corps pentavalents

MÉTALLOÏDES		
Arsenic (*au maximum*). Antimoine (*au maximum*).		

Pour cette classification, une certaine difficulté naît du fait que certains corps sont susceptibles de se combiner dans plusieurs proportions. Le plomb, par exemple, peut donner naissance aux oxydes suivants : Pb^2O, PbO, Pb^3O^4, Pb^2O^3, PbO^2. Aussi la quantivalence des corps n'est-elle pas absolue, elle est relative au système d'atomes en présence. Le tableau précédent se rapporte aux cas les plus fréquents, dans lesquels les corps forment les combinaisons les mieux définies et les plus caractéristiques.

On remarque que plusieurs substances entrent deux fois dans ce tableau sous la désignation de *au minimum* et de *au maximum*, suivant le nombre plus ou moins grand d'atomes monovalents auxquels ils sont susceptibles de se combiner.

Les composés au minimum qui forment les corps reçoivent la terminaison *eux* : sels stanneux, anti-

monieux, aureux, cuivreux, mercureux, stanneux, ferreux, etc. On leur donne la terminaison *ique* quand ils sont au maximum : sels cuivriques, ferriques, etc.

VI. MÉTALLOÏDES ET MÉTAUX

Les corps simples sont partagés en deux grandes classes : *métaux* et *métalloïdes.*

Les métalloïdes n'ont généralement pas l'éclat métallique. Ils conduisent mal la chaleur et l'électricité ; leur densité est presque toujours faible. Ils sont gazeux ou facilement volatils. *Les oxydes des métalloïdes s'unissent à l'eau en donnant des acides.*

Les métaux jouissent pour la plupart de l'éclat métallique ; ils sont bons conducteurs de la chaleur et de l'électricité et ne se volatilisent qu'à une température élevée.

Leur densité est relativement élevée. *Les oxydes des métaux s'unissent à l'eau en formant des bases salifiables.* Seuls les oxydes supérieurs peuvent quelquefois donner des acides.

Parmi ces caractères, ceux qui sont basés sur les propriétés physiques sont peu concluants. Les caractères chimiques donnent une démarcation plus nette.

Les métaux peuvent être divisés de la manière suivante :

1° *Hydrogène.* — Ce corps, qu'on a longtemps hésité à classer parmi les métaux, sans doute à cause de son état gazeux, est un véritable métal par ses propriétés chimiques.

2° *Métaux alcalins : potassium et sodium.* — Ces métaux sont très facilement oxydables ; ils n'ont d'intérêt au point de vue qui nous occupe qu'à l'état

d'oxydes. Ces oxydes, qui ont reçu le nom d'*alcalis*, sont très solubles et constituent des bases puissantes.

A ces métaux se rattachent le *lithium*, dont l'oxyde, la *lithine*, commence à être employé dans certaines branches de la verrerie, et l'*ammonium*, radical composé qui n'a pas été isolé, mais dont les composés, désignés sous le nom de *sels ammoniacaux*, ont une grande analogie avec les sels de potasse et de soude. L'oxyde de l'ammonium est l'*ammoniaque*, qui a été longtemps connue sous le nom d'*alcali volatil*.

Les métaux alcalins sont tous monovalents.

3° *Métaux alcalino-terreux : baryum, calcium, magnésium, strontium.* — Ces métaux sont facilement oxydables. Leurs oxydes, connus sous les noms de baryte, chaux, magnésie, strontiane, ou d'une façon générale *terres alcalines*, sont des bases énergiques très peu solubles dans l'eau.

Les métaux alcalino-terreux sont bivalents.

4° *Métaux proprement dits.* — Cette classe, la plus nombreuse, comprend les métaux usuels : fer, cuivre, plomb, étain, zinc, antimoine, manganèse, chrome, nickel, cobalt, bismuth, mercure ; et les métaux nobles, très difficilement oxydables : argent, or, platine, palladium, etc. Combinés à l'oxygène, les métaux donnent naissance à des bases plus ou moins énergiques et quelquefois à des acides.

VII. RADICAUX COMPOSÉS

On donne le nom de *radical* à tout atome ou groupe d'atomes susceptible de se transporter d'un groupe dans un autre par voie de double décomposition.

Les métalloïdes et les métaux sont des radicaux simples.

Les radicaux composés, qui jouent au point de vue chimique le rôle de corps simples, n'existent pas le plus souvent à l'état libre, mais l'hypothèse de leur existence présente des avantages pratiques.

De même que les corps simples, les radicaux composés sont monovalents, bivalents, etc.

Exemples. — L'oxyde de potassium K^2O s'unit à l'eau H^2O pour former l'hydrate de sodium $K^2O + H^2O = 2.KOH$. On admet que K, atome monovalent, est uni au radical composé monovalent OH, qu'on nomme *oxhydrile*. Il en est de même pour la chaux : Ca, atome bivalent, s'unit soit à O, bivalent, pour former l'oxyde anhydre de calcium CaO, soit à 2 molécules monovalentes d'*oxhydrile*, pour former l'hydrate de calcium ou chaux $Ca(OH)^2$.

Le gaz ammoniac AzH^3 donne, en se combinant avec l'eau, l'ammoniaque : $AzH^3 + H^2O = AzH^5O$; on admet que l'ammoniaque est formée par l'union de deux radicaux composés monovalents : AzH^4 l'*ammonium* et OH l'*oxhydrile*. On représente parfois l'ammonium par Am, de sorte que la constitution de l'ammoniaque est alors représentée par AmOH, formule identique à celle des autres alcalis : KOH potasse, et NaOH soude.

VIII. OXYDES

Les *oxydes* sont le résultat de la combinaison d'un radical quelconque avec l'oxygène.

Suivant le degré de l'oxydation, on fait précéder le nom de l'oxyde des préfixes : *sous*, *proto*, *sesqui*, *bi*, *tri*, etc.

Les oxydes combinés avec une ou plusieurs molécules d'eau donnent des oxydes hydratés ou, plus simplement, des *hydrates*.

Dans le langage usuel, on remplace souvent les noms des oxydes par des appellations plus courtes, tirées des noms des métaux.

Exemples :

Soude ou hydrate de sodium.	$NaOH$
Potasse ou hydrate de potassium.	KOH
Chaux ou oxyde de calcium	CaO
Magnésie ou oxyde de magnésie	MgO
Baryte ou oxyde de baryum	BaO
Strontiane ou oxyde de strontium.	SrO
Alumine ou sesquioxyde d'aluminium	Al^2O^3
Silice ou anhydride de l'acide silicique. . . .	SiO^2

IX. ACIDES

On appelle *acides* les composés hydrogénés dans lesquels l'hydrogène est susceptible d'être remplacé en totalité ou en partie par un ou plusieurs atomes équivalents d'un autre métal.

L'hydrogène remplaçable porte le nom d'hydrogène basique et doit être distingué de l'hydrogène qui fait quelquefois partie intégrante du radical acide.

Les acides ont généralement une saveur aigre et rougissent la teinture de tournesol.

On a divisé les acides en oxacides (SO^4H^2, acide sulfurique ; AzO^3H, acide azotique, etc.), et en hydracides (HCl, acide chlorhydrique ; HFl, acide fluorhydrique, etc.), suivant qu'ils contiennent ou ne contiennent pas d'oxygène.

On donne souvent par extension le nom d'acides à certains oxydes qui donnent naissance à des acides lorsqu'ils sont combinés avec une ou plusieurs mo-

lécules d'eau. Il convient de les nommer plus exactement *anhydrides*.

Exemples. — L'anhydride sulfureux SO^2, qui donne naissance à l'acide sulfureux, $SO^2 + H^2O = SO^3H^2$. L'*anhydride carbonique* CO^2, que l'on nomme communément acide carbonique, correspond au composé CO^3H^2, véritable acide des carbonates, mais qui n'existe pas à l'état libre.

Tableau des principaux Acides

DÉSIGNATION	FORMULES	POIDS moléculaire	ANHYDRIDES corresp^ts	POIDS moléculaire
Acide arsénieux	AsO^3H^3	126	As^2O^3	198
— arsenique	AsO^4H^3	142	As^2O^5	230
— azoteux	AzO^2H	47	Az^2O^3	76
— azotique	AzO^3H	63	Az^2O^5	108
— borique	BoO^3H^3	62	Bo^2O^3	70
— bromhydrique . .	BrH	81		
— carbonique. . . .	CO^3H^2	62	CO^2	44
— chlorhydrique . .	ClH	36,5		
— chlorique	ClO^3H	84,5	Cl^2O^5	151
— chromique	CrO^4H^2	118,5	CrO^3	100,5
— cyanhydrique . .	$(CAz)H$	27		
— fluorhydrique . .	FlH	20		
— hydrofluosilicique.	$SiFl^6H^2$	144		
— hyposulfureux . .	$S^2O^3H^2$	114	S^2O^2	96
— iodhydrique . . .	IH	128		
— iodique	IO^3H	176		
— manganique . . .	MnO^4H^2	121	MnO^3	103
— métaphosphorique	PhO^3H	80	P^2O^5	142
— orthophosphorique	PhO^4H^3	98	P^2O^5	142
— perchlorique . . .	ClO^4H	100,5	Cl^2O^7	183
— permanganique. .	MnO^4H	120	Mn^2O^7	222
— pyrophosphorique	$Ph^2O^7H^4$	178	P^2O^5	142
— silicique	SiO^4H^4	96	SiO^2	60
— sulfhydrique . . .	SH^2	34		
— sulfureux	SO^3H^2	82	SO^2	64
— sulfurique	SO^4H^2	98	SO^3	80

Le tableau qui précède donne en regard des principaux acides le poids de leur molécule, le poids d'un atome d'hydrogène étant pris comme unité. Ces nombres sont utiles lorsqu'on veut transformer les formules chimiques en proportions pondérales.

Les terminaisons *eux*, *ique*, et les préfixes *hypo*, *per*, que l'on ajoute aux noms des acides, servent à les distinguer entre eux quand ils se présentent à plusieurs degrés d'oxydation.

X. BASES

Les bases sont des oxydes anhydres ou hydratés de métaux ou de radicaux composés, susceptibles d'échanger leur métal ou leur radical composé contre l'hydrogène basique des acides.

La réaction d'une base sur un acide donne naissance : 1° à un *sel* formé par l'union du radical de la base avec le radical de l'acide ; 2° à de l'*eau* formée par l'union de l'oxygène de la base avec l'hydrogène basique de l'acide.

Les bases ont généralement peu de saveur, ou bien elles ont une saveur caustique. Elles ramènent au bleu la teinture de tournesol lorsque celle-ci a été rougie par un acide.

TABLEAU DES PRINCIPALES BASES

Bases alcalines

DÉSIGNATION	FORMULES	POIDS MOLÉCULAIRE
Ammoniaque anhydre . .	AzH^3	17
— hydratée . .	AzH^4OH	35
Oxyde de lithium	LO	23
Oxyde de potassium . . .	K^2O	94
Hydrate de potassium . .	KOH	56
Oxyde de sodium	Na^2O	62
Hydrate de sodium . . .	NaOH	40

Bases alcalino-terreuses

DÉSIGNATION	FORMULES	POIDS MOLÉCULAIRE
Baryte anhydre	BaO	153
— hydratée	$Ba(OH)^2$	171
Chaux anhydre	CaO	56
— hydratée	$Ca(OH)^2$	74
Magnésie anhydre	MgO	40
— hydratée	$Mg(OH)^2$	58
Strontiane anhydre . . .	SrO	103,5
— hydratée . . .	$Sr(OH)^2$	121,5

Bases métalliques

Alumine	Al^2O^3	103
Oxyde antimonieux . . .	Sb^2O^3	288
Oxyde d'argent	Ag^2O	232
Oxyde de bismuth	Bi^2O^3	463
Oxyde de cadmium . . .	CdO	128
Oxyde de chrome	Cr^2O^3	153
Oxyde de cobalt.	CoO	75
Oxyde cuivreux	Cu^2O	143
Oxyde cuivrique.	CuO	79,5
Oxyde stanneux.	SnO	134
Oxyde ferreux	FeO	72
Sesquioxyde de fer . . .	Fe^2O^3	160
Oxyde de manganèse . .	MnO	71
Oxyde mercureux	Hg^2O	416
Oxyde mercurique. . . .	HgO	216
Oxyde de nickel.	NiO	75
Oxyde de plomb	PbO	223
Oxyde de zinc	ZnO	81,5

XI. SELS

Les sels sont le résultat de la substitution d'un radical simple ou composé à l'hydrogène basique d'un acide.

Nous avons vu qu'en faisant agir une base sur un acide, il se formait : 1° un *sel*, par l'union des radicaux de la base et de l'acide; 2° de l'*eau*, par l'union

de l'oxygène de la base avec l'hydrogène éliminé de l'acide.

Il est possible d'obtenir des sels par d'autres moyens : action d'un métal sur un acide, action d'un anhydride sur une base, décomposition réciproque de deux sels, union directe de deux radicaux, etc.; nous ne pouvons nous étendre ici sur ces questions, mais il est indispensable d'énoncer succinctement les règles de la formation du nom des sels.

SELS PROVENANT D'HYDRACIDES

Les sels qui ne contiennent que deux radicaux simples, métal et métalloïde, peuvent toujours être considérés comme provenant d'*hydracides*. On forme leur nom en faisant précéder le nom du métal d'un mot obtenu en ajoutant la terminaison *ure* au radical de l'acide.

Exemple : le sel formé par l'action de l'acide chlorhydrique (HCl) sur le zinc (Zn) ou sur l'oxyde de zinc (ZnO) est le *chlorure de zinc* ($ZnCl^2$).

Lorsque le radical acide peut se combiner en plusieurs proportions au métal, on fait usage pour distinguer les combinaisons des préfixes *proto*, *bi*, *tri*, *tétra*, *penta*, etc., *per*, *poly*, etc.

Exemples :

Hg^2Cl protochlorure de mercure ou chlorure mercureux ;

Hg^2Cl^2 ou $HgCl$ bichlorure de mercure ou chlorure mercurique ;

$FeCl^2$ protochlorure de fer ou chlorure ferreux ;

Fe^2Cl^6 perchlorure de fer ou chlorure ferrique,

SELS PROVENANT D'OXACIDES

Les noms des sels formés par les oxacides s'obtiennent de la même façon que ceux qui correspondent aux hydracides, sauf à remplacer la terminaison *ure*, 1° par la terminaison *ate* quand l'acide se termine en *ique*; ou 2° par *ite* quand l'acide se termine en *eux*.

Exemples :

L'acide sulfur*ique* (SO^4H^2) forme avec la chaux (CaO) le sulf*ate* de calcium (SO^4Ca).

L'acide sulfur*eux* (SO^3H^2) forme avec le zinc (Zn) le sulf*ite* de zinc (SO^3Zn).

Lorsque l'acide contient plusieurs atomes d'hydrogène basique dans sa molécule, il peut donner naissance à plusieurs séries de sels, suivant que ces atomes d'hydrogène sont remplacés en totalité ou en partie par des atomes métalliques.

Quand la substitution est complète, les sels formés sont *neutres*. Ils sont *acides* quand l'hydrogène basique n'est pas entièrement remplacé.

Exemple :

SO^4H^2 acide sulfurique ;

SO^4K^2 sulfate neutre de potasse;

SO^4KH sulfate acide de potasse.

On remplace quelquefois l'épithète *acide* par le préfixe *bi* devant le radical acide.

Exemple : SO^4KH, bisulfite de potasse.

Ou bien encore on exprime le nombre d'atomes de métal entrant en combinaison par l'un des préfixes *mono*, *bi*, *tri*, devant le nom du métal.

Exemple :

$(PhO^4)H^3$ acide phosphorique ;
$(PhO^4)^2Ca^3$ phosphate tricalcique ;
$(PhO^4)^2Ca^2H^2$ phosphate bicalcique ;
$(PhO^4)^2CaH^4$ phosphate monocalcique.

CHAPITRE XXXVI

MATIÈRES PREMIÈRES

SOMMAIRE. — I. Silice. — II. Potasse. — III. Soude. — IV. Chaux. — V. Baryte. — VI. Magnésie. — VII. Sels de plomb. — VIII. Alumine. — IX. Chrome. — X. Cobalt. — XI. Cuivre. — XII. Etain. — XIII. Fer. — XIV. Manganèse. — XV. Nickel. — XVI. Or.

I. SILICE

La silice est l'élément essentiel de toutes les sortes de verres. C'est une des substances les plus répandues dans la nature ; on la trouve, plus ou moins pure, à l'état cristallisé ou amorphe, sous les noms de quartz, silex, sable, etc. Elle est souvent combinée à diverses substances alcalines ou terreuses, quelquefois métalliques, dans les argiles, les feldspaths, les roches ignées en général.

Il est indispensable de donner quelques renseignements sur ces matières naturelles si importantes pour le verrier, avant d'étudier les propriétés chimiques de la silice et des silicates.

Les pierres siliceuses ont pour signes caractéristi-

ques d'être fort dures, de faire feu au briquet, et de donner par la fusion avec les alcalis, des produits vitreux.

On peut les diviser en deux grandes classes : le *quartz* et le *silex*.

Le *quartz* comprend toutes les variétés de silice cristallisées ou présentant une apparence cristalline, douées de transparence et ne la perdant pas par l'application d'une température élevée.

Le *silex* comprend toutes les variétés de silice qui deviennent opaques lorsqu'on les chauffe, par suite sans doute de la perte d'une certaine quantité d'eau.

Parmi les variétés de silice, le quartz est la plus pure. Le cristal de roche est du *quartz hyalin* ; il constitue des cristaux figurant un prisme hexagonal régulier surmonté d'une pyramide hexagonale. Bien transparent et complètement incolore, le cristal de roche est employé pour la construction d'appareils d'optique ; lorsqu'il est coloré, il porte différents noms suivant la couleur : violet, *quartz améthiste* ; jaune, *topaze d'Inde* ; vert, *prase* ; rouge, *hyacinthe de Compostelle* ; rouge, translucide et renfermant du mica en petites paillettes d'un jaune d'or, c'est du quartz *aventuriné*. Ces diverses variétés sont employées dans la bijouterie.

Le *quartz agate*, compact, rubané, offrant des couleurs très vives et très variées, désigné par autant de noms divers, sert à faire des coupes et autres petits objets. Le *quartz jaspe* est une autre variété rubanée, plus grossière, employée dans la décoration architecturale. Le *quartz opale* est une variété à laquelle appartient l'*opale noble*, l'une des plus belles pierres

précieuses et des plus estimées pour l'éclat et la vivacité de ses irisations.

Le *silex* est une variété compacte, amorphe et pierreuse de la silice, reconnaissable à sa forme en rognons plus ou moins volumineux, offrant souvent à la surface des parties moins dures que le reste du silex, et d'une coloration pâle ou même blanche, alors que l'intérieur de la masse est gris, jaune, brun ou noir, avec quelquefois des veines de teinte plus claire, dues à des matières organiques.

Les silex sont caractérisés par leur dureté qui est assez grande pour rayer le verre, et faire feu sous le briquet ; certaines variétés sont même, pour cette raison, désignées sous le nom de silex pyromaque ou pierre à fusil. Ils sont infusibles, mais sont réduits en véritables verres transparents par leur fusion avec les fondants, tels que le borax, la potasse ou la soude.

Les silex sont surtout abondants dans les étages crétacés ; ils se trouvent là en cordons qui suivent le plan de stratification du terrain, et sont espacés suivant l'étage où on les étudie, tantôt de quelques décimètres seulement, tantôt de un à deux mètres, et souvent beaucoup plus. Lorsque la craie s'est fissurée obliquement pendant qu'elle était encore plastique, on trouve les fentes souvent tapissées de rognons ou de plaques obliques de silex. Ces silex qui, désagrégés de la roche et roulés par nos mers actuelles, constituent les galets que l'on voit sur les rivages, ne contiennent guère que de la silice et 1 à 2 0/0 d'eau. Leur teinte est souvent due à des matières organiques, parfois on y trouve 1 0/0 de sesquioxyde de fer ou d'alumine.

On donne le nom de *sables* à des matières qui se

présentent dans la nature sous la forme de grains plus ou moins gros, provenant de la désagrégation de différentes roches. Certains sables sont quartzeux ou bien sont formés de la plupart des éléments du granit et du gneiss ; quelques-uns sont uniquement calcaires ou volcaniques, d'autres enfin sont composés d'un mélange de diverses matières.

D'après la dimension des grains, on distingue : les *sables fins* dans lesquels les grains n'ont pas plus de 1 millimètre de diamètre, et les *sables gros* où ce diamètre s'élève de 1 à 3 millimètres. Au-delà, c'est le *gravillon* et le *gravier*.

Au point de vue de l'origine, on appelle : *sables de rivière*, ceux qu'on tire du lit de la plupart de nos rivières ; *sables de mer*, ceux que fournissent les rivages de la mer ; *sables fossiles ou de carrière*, ceux dont la formation résulte d'anciennes révolutions du globe et qui ont été charriés et déposés par les eaux dans les lieux où on les trouve actuellement ; *sables vierges*, ceux qui n'ont pas été charriés et qui résultent de la décomposition spontanée de roches arénacées, feldspathiques ou argileuses.

Le sable de rivière est regardé comme le plus pur. Le sable de carrière, dit aussi *sable de plaine*, est plus ou moins terreux. Le sable de mer est très hygrométrique en raison des sels qu'il renferme.

Les sables les plus purs qu'on emploie en France sont ceux de Fontainebleau, d'Etampes, de Nemours et de Champagne.

Le sable jaunâtre sert tel quel, mais préalablement lavé, à la fabrication du verre mi-blanc et verdâtre ; il est plus fusible que le sable blanc, parce qu'il contient du calcaire, de l'argile et de l'oxyde de fer.

Quelques verreries se servent de la *vase de mer* pour la fabrication des bouteilles. Fondue seule, sans addition d'autres matières vitrifiables, la vase de mer produit un verre léger, mais très cassant : sa composition est la suivante :

Silice	43,75
Alumine	13,82
Carbonate de chaux	36,28
Protoxyde de fer	0,36
Sulfate et carbonate de chaux .	2,75
Substances organiques et soufre	1,86
Traces d'iode et pertes	0,91
	100,00

A défaut de sable blanc on peut employer le sable jaune à la fabrication du verre blanc, en le soumettant préalablement à une épuration, qui est relativement assez coûteuse.

A cet effet on arrose le sable avec 20 pour 100 environ d'un liquide composé de :

Eau	8	parties
Sel marin	3	—
Acide sulfurique concentré .	2	—

On entasse ce mélange dans des bassins garnis de plomb et on l'abandonne à lui-même pendant plusieurs mois. Le sable se couvre d'une eau verdâtre, chargée d'oxyde de fer, qui devient de plus en plus foncée.

L'acide chlorhydrique étendu remplit le même but.

Le *grès blanc* est une autre substance qui peut servir avantageusement à défaut du sable blanc. Le grès n'est autre chose que du sable, du quartz ou des cristaux siliceux conglomérés au moyen d'un ciment



renfermant de la chaux, de l'alumine et de l'oxyde de fer.

Les autres minéraux siliceux tels que : *tripoli*, *pierre ponce*, etc., ne sont guère employés que dans la fabrication des bouteilles, des verres verts ou noirs.

La *silice anhydre* soit naturelle, soit artificielle, jouit des propriétés suivantes : c'est une substance blanche, inodore, insipide, infusible aux températures qu'il est possible de produire dans nos fourneaux, mais susceptible de fondre à la température du chalumeau oxhydrique, ainsi qu'à l'aide de l'arc électrique.

La silice anhydre est insoluble dans l'eau pure, dans les dissolutions alcalines et les acides même concentrés ; l'acide fluorhydrique est le seul qui l'attaque. Les alcalis l'attaquent pareillement à une température élevée. Il se forme alors des verres alcalins très solubles.

Certains métaux, et notamment le fer, attaquent la silice en présence du charbon ; il se forme dans ce cas des siliciures métalliques.

La silice a pour formule chimique $Si\ O^2$.

C'est un acide très faible. Aussi est-il déplacé de ses combinaisons par les autres acides, même les moins énergiques.

On obtient artificiellement de la silice anhydre dont les propriétés diffèrent quelque peu de celles de la silice naturelle. Il suffit pour cela de chauffer à une température très élevée du sable blanc avec de la potasse caustique et du carbonate de potasse employés en excès ; on obtient alors un silicate de potasse très basique, et entièrement soluble dans l'eau. Si l'on verse de l'acide chlorhydrique par petites portions

dans cette liqueur jusqu'à ce qu'elle manifeste une légère réaction acide, l'acide silicique devenu libre se précipite sous la forme d'une matière blanche, d'apparence gélatineuse, qui se dissout avec facilité dans l'eau chargée d'acide chlorhydrique.

Cette masse gélatineuse, qui est de la *silice hydratée*, se déshydrate lorsqu'on la chauffe, même faiblement, en laissant pour résidu de la silice anhydre très divisée, qu'on débarrasse des matières salines qui l'accompagnent par de nombreux lavages à l'eau. Sous cette forme, la silice présente une cohésion très faible et se dissout facilement dans les solutions alcalines ; mais elle est complètement insoluble dans l'acide chlorhydrique.

La silice soluble forme dans l'eau de chaux un précipité gélatineux. Elle est précipitée également par l'alumine et le peroxyde de fer solubles.

La silice anhydre renferme :

Silicium	47,06
Oxygène	52,94
	100,00

II. POTASSE

Sous le nom de potasse on confond souvent l'oxyde de potassium (K^2O), l'hydrate de potasse ou potasse caustique (KOH) et le carbonate de potasse (CO^3K^2).

Dans l'industrie, c'est le carbonate de potasse qui est le plus employé. La potasse caustique n'est pas utilisée par le verrier. Quant à l'oxyde de potassium K^2O, il n'intervient que dans les formules.

Avant de décrire la fabrication des sels usuels de

potassium, il convient de signaler leurs propriétés caractéristiques.

Le *potassium* est un métal, solide à la température ordinaire, doué d'un éclat argentin lorsqu'il vient d'être fondu, à l'abri de l'air. A 0° C. ce métal est cassant. A 15° il est ductile et mou comme de la cire. Il fond à 62°5 et bout au rouge sombre, en dégageant une vapeur verte. La densité du potassium est 0,865. On représente ce métal monovalent par le symbole K correspondant au poids atomique 39.

Le potassium absorbe l'oxygène sec à la température ordinaire ; il s'oxyde également à l'air, d'autant plus rapidement que la température est plus élevée.

Le *protoxyde de potassium* (K^2O) est blanc, très caustique, plus pesant que l'eau, fusible au dessous du rouge, indécomposable par la chaleur, très soluble dans l'eau et déliquescent. L'eau le dissout en toutes proportions en dégageant beaucoup de chaleur. Chauffé dans l'oxygène, il l'absorbe et se transforme en peroxyde. Il est décomposé par le chlore, le brome, l'iode, le soufre, etc. L'hydrogène et l'azote sont sans action sur lui.

Les deux corps que nous venons de décrire sont sans usage en verrerie.

L'*hydrate de potasse* (KOH) ou *potasse caustique* se présente sous la forme d'une masse blanche, fusible vers 400°. Elle se volatilise à une température voisine de la fusion de l'argent; au rouge blanc cette volatilisation est très rapide. L'hydrate de potasse est une base des plus puissantes; il est très caustique et attaque rapidement les matières organiques. Il est très avide d'eau, et se dissout en toutes proportions dans ce liquide en dégageant beaucoup de chaleur.

Une dissolution très concentrée d'hydrate de potasse laisse déposer des cristaux représentés par la formule :

$$KOH + 2\,H^2O$$

Le *carbonate de potasse* ($CO^3\,K^2$) possède une saveur âcre et légèrement caustique; il est déliquescent et très soluble dans l'eau. Cette solution possède une réaction fortement alcaline. La dissolution saturée à chaud abandonne par le refroidissement des tables rhomboïdales dont la composition est exprimée par la formule :

$$CO^3\,K^2 + H^2O$$

Le carbonate de potasse, lorsqu'il est sec, ne se décompose pas au rouge vif. Un courant de vapeur d'eau le détruit à cette température en le transformant en hydrate de potasse.

Tous les acides, à l'exception de quelques acides très faibles, décomposent le carbonate de potasse : les acides dissous dans l'eau le décomposent même à la température ordinaire; ils s'emparent de la potasse et dégagent l'acide carbonique avec une vive effervescence.

En faisant passer un courant d'acide carbonique sur le carbonate neutre de potasse, ce sel se transforme en *bicarbonate* ($CO^3\,KH$). L'action de la chaleur suffit à chasser l'acide carbonique et à ramener le bicarbonate de potasse à l'état de carbonate neutre.

Le carbonate neutre présente seul de l'intérêt pour le verrier.

Le *sulfate de potasse* ($SO^4\,K^2$) peut être obtenu par l'action de l'acide sulfurique sur le carbonate de potasse.

La dissolution de sulfate de potasse laisse déposer par évaporation des cristaux *anhydres* ayant la forme de prismes à 6 pans terminés par des pyramides à 6 faces. Ces cristaux ne contiennent que de l'*eau d'interposition*; ils décrépitent quand on les chauffe.

Le sulfate de potasse est indécomposable par la chaleur. A la chaleur blanche, il est réduit à l'état de sulfure de potassium (K^2S) par l'action du carbone. Le phosphore et le bore décomposent également le sulfate de potasse; le soufre et le chlore sont sans action sur lui.

Le sulfate de potasse n'est décomposé par aucun oxacide à la température ordinaire; ce n'est qu'à la chaleur rouge que les acides phosphorique, borique et silicique, qui sont plus fixes que l'acide sulfurique à cette température, s'emparent de la potasse et mettent en liberté de l'oxygène et de l'acide sulfureux.

Le *bisulfate de potasse* (SO^4KH), qui est ramené par l'action d'une haute température à l'état de sulfate neutre, n'est pas employé dans la fabrication du verre.

L'*azotate de potasse* (AzO^3K) porte encore les noms de nitrate de potasse, *nitre* ou *salpêtre*. Il cristallise en longs prismes à 6 pans, terminés par des pyramides à 6 faces : ils ne contiennent pas d'eau de cristallisation, et éprouvent la fusion ignée vers 350°.

Ce sel n'est déliquescent que dans un air saturé d'humidité.

Chauffé au rouge, l'azotate de potasse perd une portion de son oxygène; au rouge vif il se trouve ramené à l'état d'oxyde de potassium. C'est un oxydant très énergique, qu'on utilise à la fois pour l'al-

cali qu'il contient et pour la grande quantité d'oxygène qu'il peut céder aux corps mis en contact avec lui.

Le carbone, le soufre, le phosphore, le bore et même le silicium donnent du carbonate, du sulfate, du phosphate, du borate et du silicate de potasse quand on les projette dans de l'azotate de potasse en fusion. Le chlore est sans action sur ce sel.

L'acide sulfurique et l'acide chlorhydrique décomposent l'azotate de potasse en mettant l'acide azotique en liberté.

FABRICATION DES SELS DE POTASSE

La potasse est très répandue dans le règne minéral et dans la nature organique. Les sources de potasse que l'industrie peut mettre actuellement à profit sont les suivantes :

1° *Sources minérales :*

Sels d'eaux-mères naturels : carnallite, sylvine, kaïnite et shœnite.

Eau de la mer et eaux-mères des salines.

Salpêtre de potasse naturel.

2° *Sources organiques :*

Cendre des végétaux.

Charbon des vinasses provenant du traitement des mélasses de betteraves.

Varechs (la potasse des varechs est un produit secondaire de l'extraction de l'iode).

Suint de la laine de mouton.

1° *Extraction de la potasse des sels naturels d'eaux-mères.* — Lorsque des étangs ou des lacs salés perdent par évaporation plus d'eau qu'ils n'en reçoivent,

l'eau salée se concentre de plus en plus et dépose sur les bords et sur le fond une couche de sel dont l'épaisseur va toujours croissant. Ainsi s'explique la formation des dépôts de sels que l'on rencontre dans la nature.

Des gisements considérables de chlorure de sodium et de sels potassiques ont été formés de cette manière dans l'Allemagne du Nord. Le dépôt salin de Stassfurt est formé d'une série de couches plus ou moins nettement séparées, dont quelques-unes atteignent 40, 100 et même 120 mètres d'épaisseur, constituées par différents sels de potasse, de soude et de magnésie. Parmi ces sels c'est la *carnallite* qui est en plus grande abondance. La *kaïnite* est également très employée à la production du carbonate de potasse.

En 1883, on a travaillé près de 1 million de tonnes de carnallite et 226,000 tonnes de kaïnite.

Traitement de la carnallite ($KMgCl^3, 6H^2O$). — La carnallite est toujours accompagnée de *kieserite* (SO^4Mg, H^2O) et de *chlorure de sodium* ($NaCl$). Le sel brut, après avoir été concassé et broyé, est monté par un élévateur dans une chaudière à dissolution où se trouve une solution de sel bouillante contenant surtout du chlorure de magnésium. En faisant arriver en même temps de la vapeur d'eau sous pression, les chlorures de potassium et de magnésium se dissolvent tandis que le sel gemme et la kiéserite restent non dissous. On verse ensuite la dissolution chaude ainsi obtenue dans des vases particuliers où on la laisse se clarifier par le dépôt des matières en suspension; on la décante dans des bassins de cristallisation où il se dépose au bout de deux ou trois



jours un mélange de cristaux de chlorure de potassium et de chlorure de sodium.

Dans quelques fabriques, la solution du sel brut bouillante est étendue avec de l'eau, ce qui rend moins abondante la séparation du chlorure de sodium et donne une cristallisation de chlorure de potassium presque pur.

Pour retirer le chlorure de potassium qui se trouve encore dans l'eau-mère, on évapore celle-ci à une concentration telle que le sel s'en sépare presque complètement par cristallisation sous forme de *carnallite artificielle* et qu'il n'en reste que 1 pour 100 en solution. La carnallite artificielle est dissoute dans l'eau bouillante, et par le refroidissement on obtient une seconde cristallisation de chlorure de potassium.

Le *chlorure de potassium* fourni par les deux cristallisations est débarrassé du chlorure de magnésium et en partie du chlorure de sodium par lavage avec de l'eau à la température ordinaire : il est ensuite desséché et est alors prêt à être expédié.

Ce produit est encore trop chargé de chlorure de sodium pour servir à la préparation du carbonate de potassium. On l'utilise à fabriquer le *salpêtre.*

Le résidu de la préparation du chlorure de potassium donne comme produits secondaires de la kiéserite et du sel de Glauber. On extrait la kiéserite en dissolvant le chlorure de sodium contenu dans le résidu; la kiéserite est ainsi désagrégée et elle se sépare sous forme d'un limon très ténu, qui en absorbant de l'eau se durcit au bout de quelques heures et est livré au commerce en pains de 25 kilogrammes. Par dissolution et cristallisation, on en sépare du *sulfate de magnésium* pur.



La fabrication du *sel de Glauber* (SO^4Na^2) est basée sur la décomposition mutuelle, à une température inférieure à 0° C., du chlorure de sodium et du sulfate de magnésium en solution. Il suffit d'exposer au froid de l'hiver la dissolution du résidu dans des bacs peu profonds, établis à une certaine hauteur.

On fabrique le *sulfate de potassium* en traitant le chlorure de potassium par l'acide sulfurique exactement comme on traite le chlorure de sodium dans le procédé Leblanc.

La *kaïnite* est employée avec avantage à la fabrication d'un sulfate double de potasse et de magnésie qui trouve un bon débouché dans l'agriculture et dans l'industrie (fabrication du carbonate de potasse, etc.).

De nombreuses méthodes ont été proposées pour transformer le sulfate et le chlorure de potassium en *carbonate*. La seule méthode mise en pratique est une imitation du procédé *Leblanc* pour la fabrication de la soude (voir plus loin). La présence d'une certaine quantité de sulfate de magnésium dans le sulfate de potassium destiné à la préparation de la potasse est avantageuse, parce que, sous l'influence de la magnésie, la potasse brute devient poreuse et peut être lessivée plus facilement et plus complètement que la potasse brute préparée avec le sulfate de potassium pur.

Les tentatives faites pour préparer le carbonate de potasse d'après le procédé ordinaire à l'ammoniaque (voir à l'article soude) n'ont eu jusqu'à présent que peu de succès.

2° *Extraction des sels de potasse des eaux de la mer.* — Pour extraire les sels potassiques des eaux

de la mer, notamment de celles de la Méditerranée, on concentre les dernières eaux-mères par évaporation et on les mélange avec du chlorure de magnésium, et de la carnallite se sépare par cristallisation. Cette carnallite artificielle est à l'état de boue cristalline et est par suite beaucoup plus facile à décomposer par l'eau que le sel de Stassfurt.

3° *Extraction des sels de potasse de la cendre des végétaux.* — Le résidu que laissent les plantes lorsqu'on les brûle se compose de carbonates, de sulfates, de phosphates, de silicates, de chlorures et de fluorures de potassium, de sodium, de calcium, de magnésium, etc. Tandis que les plantes qui croissent sur les bords de la mer et dans la mer même contiennent de la soude, celles de l'intérieur des terres sont surtout riches en potasse. Les végétaux ou les parties de végétaux les plus riches en sève sont ceux qui renferment le plus de potasse.

La calcination des matières végétales doit être conduite lentement, parce qu'avec un feu trop fort une partie de la cendre est scorifiée par la silice.

On lessive la cendre dans des cuves en bois ayant la forme d'un cône tronqué renversé et dans lesquelles se trouve au-dessus du fond proprement dit un faux-fond percé de trous, reposant sur une croix de bois et couvert de paille. La lixiviation est commencée à l'eau froide, on la termine à l'eau bouillante. On fait passer les lessives faibles à travers de nouvelles cuves jusqu'à ce que tous les liquides aient une richesse saline de 20 à 25 0/0.

Le résidu qui reste dans la cuve après la lixiviation, ou la *charrée*, offre une certaine valeur comme engrais à cause du phosphate de calcium qu'il ren-

ferme. On l'emploie en outre pour la fabrication du verre vert à bouteilles.

L'évaporation de la lessive s'effectue dans des chaudières en tôle à bords peu élevés dans lesquelles on ajoute continuellement de la lessive fraîche, jusqu'à ce qu'un échantillon prélevé sur la lessive cuite se solidifie en prenant la forme cristalline. Lorsque ce moment est arrivé on modère le feu; il se dépose sur les parois de la chaudière une croûte cristalline, qui s'accroît, jusqu'à ce qu'enfin toute la lessive soit transformée en une masse cristalline sèche, qu'après le refroidissement on enlève de la chaudière en la brisant à l'aide d'un marteau et d'un ciseau.

La potasse ainsi obtenue porte le nom de *potasse brute*, de *flux*, de *salin* ou de *potasse cassée*; elle se présente sous forme d'une masse colorée en brun foncé et contient environ 6 pour 100 d'eau.

Cette méthode d'évaporation offre un inconvénient; à mesure que la couche saline augmente d'épaisseur sur le fond de la chaudière, celui-ci est chauffé plus fortement que la partie supérieure, ce qui peut le brûler ou occasionner une explosion; en brisant la masse saline avec le ciseau, il est en outre facile d'endommager la chaudière.

C'est pourquoi on emploie souvent la méthode d'évaporation suivante : on fait bouillir la lessive dans la chaudière en y faisant arriver continuellement du liquide frais, jusqu'à ce que le sel commence à se séparer; on cesse alors l'addition de la lessive fraîche et l'on porte à sec le contenu de la chaudière en l'agitant continuellement avec un ringard. Cette agitation favorise la dessiccation et empêche le dépôt de la potasse sur les parois du vase. La potasse reste

sous forme d'une poudre brune, qui contient environ 12 0/0 d'eau. La potasse ainsi obtenue est désignée sous le nom de *potasse brassée.*

Pour déshydrater la potasse brute et détruire les matières organiques qui la colorent, on la calcine dans un four à réverbère à sole plate. On brasse la matière avec un ringard en fer, en tâchant de l'empêcher d'adhérer à la sole et de favoriser la déshydratation. Au bout d'environ 1 heure la potasse est déshydratée; à ce moment le feu l'attaque, elle noircit d'abord par suite de la désorganisation des matières organiques, mais les parties charbonneuses venant à brûler, elle devient de plus en plus claire, jusqu'à ce que sa surface soit d'un blanc brillant. Il faut régler la chaleur avec soin, afin d'empêcher l'action du carbonate de potasse sur les silicates de la sole et la fusion de la potasse.

La calcination et le brassage sont continués jusqu'à ce qu'un échantillon prélevé sur la masse n'offre plus de point noir même à l'intérieur. Après le refroidissement, la *potasse calcinée* est immédiatement emballée dans des tonneaux qui doivent être hermétiquement clos parce que cette substance attire facilement l'humidité.

La potasse calcinée est blanche, gris-perle, jaunâtre, rougeâtre ou bleuâtre. Elle se présente sous forme d'une masse saline dure, mais légère, poreuse et non cristalline, qui ne se dissout jamais complètement dans l'eau.

Aux Etats-Unis et au Canada, on prépare les espèces de potasses désignées sur les marchés d'Europe sous le nom de *potasses d'Amérique*, parmi lesquelles on doit distinguer trois produits différents :

1° la *potasse*, que l'on prépare de la même manière qu'en Europe ; 2° la *perlasse*, que l'on obtient en lessivant la potasse avec de l'eau, laissant reposer la lessive, évaporant à sec et calcinant la masse saline blanche qui reste comme résidu ; 3° la *potasse rouge d'Amérique*, qui est un mélange de carbonate de potassium (non calciné) et de potasse caustique, que l'on prépare en rendant la lessive en partie caustique par l'addition de chaux caustique avant l'évaporation et par l'évaporation de la liqueur à siccité. Elle contient jusqu'à 30 0/0 de potasse caustique (KOH).

4° *Extraction de la potasse des vinasses de betteraves.* — Comme les alcalis de la betterave passent dans le jus, et, après la séparation de la plus grande partie du sucre, se concentrent dans la mélasse, *Dubrunfaut* chercha à utiliser celle-ci ; à cet effet il transforma en alcool, par fermentation, le sucre renfermé dans cette matière, et, après en avoir séparé l'alcool par distillation, il dessécha le résidu riche en sels, ou *vinasse*, et le soumit ensuite à la calcination ; il obtint ainsi un résidu (*charbon de vinasse* ou *salin de betteraves*) avec lequel il prépara du carbonate de potassium et d'autres sels potassiques. En 1865, la France livra au commerce 4,800 tonnes de *potasse de mélasse* ainsi obtenue.

En 1876, *C. Vincent* a imaginé de soumettre les produits de l'évaporation de la vinasse à la distillation sèche dans des cornues en fonte, afin d'utiliser les matières organiques et notamment les éléments azotés de la mélasse. Les produits gazéiformes qui se dégagent sont dirigés dans des réfrigérants, où se condensent une série de substances dont l'industrie

tire [illegible]
sels de [illegible]

Le charbon [illegible]
résidu [illegible]
celui des [illegible]
remarquable [illegible]
sulfate [illegible]

Mais [illegible]
mélasses [illegible]
beaucoup [illegible]
plus avantageux [illegible]

Le charbon [illegible]
est extrait [illegible]
tances [illegible]
compose [illegible]
sulfate et [illegible]
aussi de [illegible]
sium.

On raffine [illegible]
mann, [illegible]
des divers [illegible]

Par une série de cristallisations dans des [illegible] amenées à une richesse déterminée, on sépare les uns des autres le sulfate de potasse, puis le chlorure de potassium, le carbonate de soude et un carbonate double de potasse et de soude; on finit par obtenir une potasse demi-raffinée colorée en rougeâtre par de l'oxyde de fer et qui porte le nom de sel rouge.

Au moyen d'une nouvelle lixiviation et d'une nouvelle cristallisation, on sépare de ce sel rouge, la majeure partie du sulfate de potasse et du carbonate de soude qu'il renferme encore. L'eau-mère est évaporée à sec, puis calcinée dans un four à réverbère.

Le produit qu'on obtient finalement est de la *potasse raffinée.*

5° *Extraction de la potasse des varechs.* — Le traitement des varechs en vue d'en extraire les sels de potasse n'a plus maintenant qu'une très faible importance. On procède généralement par *incinération*; cependant sur quelques points de l'Ecosse et dans l'île de Tyree, on emploie avec succès le procédé par *distillation.*

L'incinération des plantes marines nommées *varechs* (chêne de mer ou goëmon, chiendent de mer) produit une masse demi-vitrifiée, nommée *cendre ou soude de varechs* (*kelp* en Ecosse et en Angleterre).

On soumet ces cendres à un lessivage méthodique avec de l'eau, de façon à obtenir un liquide marquant de 15° à 18° Baumé et contenant les chlorures de potassium et de sodium avec une très faible proportion de sulfates. Cette lessive est concentrée successivement à 35°, à 45° et enfin à 59° Baumé : on la fait passer, après chaque concentration dans des cristallisoirs, et on obtient ainsi alternativement du *chlorure de sodium* pendant l'évaporation, du *chlorure de potassium* pendant le refroidissement, et enfin un mélange de ces deux sels, duquel on sépare le chlorure de sodium par un lessivage à l'eau froide.

Tous les sels obtenus sont ensuite épurés par des lavages méthodiques, puis séchés et livrés aux usines qui fabriquent l'alun, le chromate, le sulfate, le carbonate de potasse, etc.

Lorsqu'on opère par *distillation*, on a l'avantage de ne pas laisser perdre des substances volatiles telles que l'iode, l'ammoniaque, des goudrons, etc.

Les algues sont desséchées, comprimées sous forme de gâteaux, et ensuite soumises à la distillation sèche dans des cornues à gaz.

Le *charbon de varechs* ainsi obtenu abandonne tous les sels (iodures, chlorures, sulfates, etc.) lorsqu'on le traite par l'eau bouillante.

6° *Extraction de la potasse du suint de la laine de mouton.* — Lorsqu'on lessive la laine brute avec de l'eau froide, et que l'on évapore le liquide obtenu, on obtient un résidu brun nommé *suintate de potasse.* En calcinant ce produit dans des cornues, il se dégage du gaz d'éclairage et il reste une matière charbonnée que l'on traite ensuite par lixiviation. L'évaporation des lessives donne une potasse brute d'une assez grande pureté, qui ne renferme guère que 3 à 4 0/0 de carbonate de soude et 1 à 2 0/0 de matières insolubles ; le reste est composé de carbonate, de chlorure, de silicate et de sulfate de potassium.

PRÉPARATION DU CARBONATE DE POTASSIUM PUR

En Angleterre, la préparation du carbonate de potassium pur s'effectue en grand. On l'emploie dans ce pays pour la fabrication du *flint-glass.* Le flint-glass anglais doit son manque absolu de coloration non pas seulement à l'emploi de silicate de plomb, mais encore et tout spécialement à l'usage de matières parfaitement pures.

La préparation dont il s'agit est du carbonate de potassium cristallisé pur, avec 16 à 18 0/0 d'eau, sous forme de petits cubes. La perlasse américaine sert de matière première; elle est d'abord fondue dans un four à réverbère, construit comme un four à soude ordinaire, en présence de sciure de bois

afin de transformer en carbonate la potasse caustique et le sulfure de potassium.

La cendre fondue est ensuite dissoute et la solution est clarifiée par le repos, puis séparée du dépôt par décantation et évaporée à sec dans un four à réverbère; la masse pulvérulente, d'un noir-gris, ainsi obtenue est dissoute encore une fois. On laisse la solution se clarifier par le repos et on l'évapore à sec dans un troisième four à réverbère. Le produit est alors tout à fait blanc.

On dissout pour la troisième fois, on évapore jusqu'à ce que, par le refroidissement de la liqueur, tout le sulfate de potassium se sépare par cristallisation et l'on évapore de nouveau l'eau-mère, jusqu'à ce qu'il se produise par le refroidissement une masse cristalline renfermant la quantité d'eau mentionnée précédemment.

PRÉPARATION DE LA POTASSE CAUSTIQUE

La *potasse caustique* (KOH) est généralement préparée par la méthode suivante. Le carbonate de potassium, sous forme de potasse brute (c'est-à-dire mélangé avec du sulfure de calcium et de la chaux, tel qu'il sort du four à calciner), est lessivé avec de l'eau, et la lessive est rendue caustique par un traitement avec la chaux caustique.

Il est avantageux d'augmenter un peu la quantité de houille que l'on ajoute au mélange de sulfate de potasse et de carbonate de chaux pour la fabrication de la potasse minérale, de prolonger la fusion et de lessiver immédiatement la potasse brute obtenue avec de l'eau à 50°. On évite de cette façon l'opération qui a pour but de rendre la lessive brute caus-

tique avec de la chaux. On l'évapore ensuite à sec dans des chaudières ouvertes, en enlevant les sels étrangers qui se séparent.

COMPOSITION DE QUELQUES POTASSES DU COMMERCE

Les résultats d'analyse qui suivent n'ont d'autre but que de donner une idée approximative de la composition des principales sortes de potasses que l'on trouve dans le commerce.

Potasse minérale, préparée d'après le procédé Leblanc (à l'usine de Bukau) :

CO^3K^2	97,30
CO^3Na^2	0,29
SO^4K^2	0,49
KCl	1,23
Humidité	0,69
	100,00

Potasse du commerce, extraite de la cendre de bois :

Provenance...	Vosges	Toscane	Helmstedt	Russie	Amérique du Nord
	—	—	—	—	
CO^3K^2	38,6	74,1	49,0	69,9	71,4
CO^3Na^2	4,2	3,0	»	3,1	2,3
SO^4K^2	38,8	13,5	40,5	14,1	14,4
KCl	9,1	0,9	10,0	2,1	3,6
Eau	5,3	7,2	»	8,8	4,5
Résidu insoluble	3,8	0,1	»	5,3	2,7

Charbon de vinasse

Eléments insolubles dans l'eau. .	23,00
SO^4K^2	10,07
KCl	16,61
CO^3K^2	31,40
CO^3Na^2	23,26

III. SOUDE

On désigne communément sous le nom de *soude*, l'oxyde, l'hydrate et le carbonate de sodium. Le verrier emploie surtout le carbonate et le sulfate de soude, quelquefois le chlorure de sodium, sel gemme ou sel marin, et le borate de soude ou borax.

Le *sodium* est un métal qui ressemble beaucoup au potassium par ses propriétés physiques. Il est d'un blanc éclatant, à reflets métalliques : à la température ordinaire, il est mou et très malléable. Il se ramollit à 50° C. et à 95°5, il se liquéfie. A l'état liquide, il peut être coulé au contact de l'air sans subir d'altération, tandis que, dans les mêmes circonstances, le potassium s'oxyde très rapidement.

Il bout à la chaleur rouge et se volatilise à une température moins élevée que le potassium.

Sa densité est 0,972. On représente le sodium par le symbole Na (du latin *natrium*) qui correspond au poids atomique 23.

Le sodium s'oxyde très rapidement au contact de l'eau, en mettant en liberté l'hydrogène de ce liquide et en donnant naissance à de l'hydrate de soude.

L'*hydrate de soude* ($NaOH$) ou *soude caustique* présente le même aspect que l'hydrate de potasse. Cependant on peut distinguer ces deux substances l'une de l'autre au bout d'un certain temps d'exposition à l'air. L'hydrate de soude absorbe l'humidité et devient déliquescent, mais ensuite il absorbe l'acide carbonique de l'air et passe à l'état de carbonate de soude qui s'effleurit. La potasse, dans les mêmes circonstances, reste toujours liquide, parce que le

carbonate de potasse qui se produit est lui-même très déliquescent.

La soude caustique jouit des mêmes propriétés chimiques que l'hydrate de potasse.

Le *carbonate de soude* (CO^3Na^2) présente également les mêmes propriétés que le carbonate de potasse. A l'état cristallisé, tel qu'on le trouve dans le commerce, il présente la composition suivante :

$$CO^3Na^2 + 10\,H^2O$$

Il s'effleurit promptement quand on l'expose au contact de l'air; chauffé, il éprouve d'abord la fusion aqueuse, puis se dessèche et fond à une température rouge, sans se décomposer.

Le *sulfate de soude* (SO^4Na^2) ou *sel de Glauber* cristallise en prismes à 6 pans d'une grande transparence ayant pour formule :

$$SO^4Na^2 + 10\,H^2O$$

Ce sel exposé à l'air s'effleurit en perdant une partie de son eau de cristallisation et se réduit en une poussière blanche. Chauffé avec le charbon, le sulfate de soude est décomposé; il reste du sulfure pour résidu, tandis qu'il se dégage de l'oxyde de carbone :

$$SO^4Na^2 + 4C = 4CO + Na^2S$$

Les propriétés chimiques du sulfate de soude sont identiques à celles du sel correspondant de potasse.

Le *borate de soude* ($Bo^4O^7Na^2$) se présente dans le commerce sous deux formes cristallines : le *borax ordinaire* ou *prismatique* ($Bo^4O^7Na^2 + 10\,H^2O$) et le *borax octaédrique* ($Bo^4O^7Na^2 + 5\,H^2O$) qui ne con-

tient que la moitié de l'eau de cristallisation du borax prismatique.

Le *borax prismatique* forme des cristaux presque incolores et transparents, d'un poids spécifique de 1,75, qui se dissolvent dans 12 parties d'eau froide ou 2 parties d'eau bouillante, en donnant un liquide à réaction faiblement alcaline. A l'air, les cristaux ne s'effleurissent que superficiellement; ils décrépitent généralement lorsqu'on les chauffe et ensuite ils se gonflent en formant une masse spongieuse (*borax calciné*), qui au rouge fond en un verre transparent (*verre de borax*) n'absorbant que très lentement l'humidité atmosphérique et perdant ainsi sa transparence.

Le *borax octaédrique* se distingue du borax prismatique non seulement par sa forme cristalline et sa teneur en eau, mais encore par sa densité qui est de 1,81 ; en outre les cristaux possèdent une dureté beaucoup plus grande, car le borax ordinaire est rayé par le borax octaédrique.

Le borax prismatique se fendille dès qu'il éprouve une variation de température s'élevant à 15°, tandis que le borax octaédrique placé dans les mêmes circonstances conserve sa cohésion. Tandis que le borax ordinaire demeure transparent au contact de l'eau ou de l'air humide et que dans l'air sec il s'effleurit à la surface, les cristaux de borax octaédrique exposés à l'eau et à l'air humide, deviennent peu à peu opaques, après avoir absorbé 5 molécules d'eau et s'être transformés en borax prismatique.

Lorsqu'on chauffe le borax octaédrique, il fond facilement, et pendant la fusion il se boursoufle beaucoup moins que le borax prismatique.

Le borax est indécomposable par la chaleur; il résiste même à l'action des métalloïdes. Il forme avec les oxydes métalliques des borates qui fondent facilement; leur fusibilité est d'autant plus grande que leurs bases sont elles-mêmes plus fusibles; le borate de plomb par exemple se ramollit vers 300°.

Les acides fixes sont les seuls qui puissent décomposer les borates à la température du rouge; mais tous les acides, sauf l'acide carbonique et quelques acides faibles, les décomposent à la température ordinaire, ou au moins à la température d'ébullition de l'eau.

Le rôle principal du borax est de servir de fondant.

Le *chlorure de sodium* (NaCl), *sel gemme* ou *sel marin* cristallise en cubes ou en cristaux dont la forme peut être rapportée à la forme cubique. Le sel marin tout à fait pur n'est pas hygroscopique; les chlorures de magnésium et de calcium lui communiquent cette propriété.

Lorsqu'on chauffe le sel marin au rouge, il décrépite parce que l'eau-mère renfermée entre les lamelles des cristaux dégage de la vapeur d'eau et brise ces derniers. Le sel fond au rouge clair; au rouge blanc il se volatilise sans se décomposer.

L'acide silicique décompose, au rouge cerise, le chlorure de sodium sous l'influence de la vapeur d'eau; il en résulte de l'acide chlorhydrique et une masse vitreuse qui contient du silicate de soude et du chlorure de sodium. On a mis à profit cette propriété pour vernir certaines poteries; on jette le sel dans le four où elles cuisent, de manière qu'il se volatilise, s'attache à leurs parois et se combine à la silice en formant un vernis.

L'acide sulfurique décompose le sel marin à une température peu élevée, en formant du sulfate de soude et de l'acide chlorhydrique qui se dégage à l'état de vapeur.

Si on met en présence du mélange d'acide sulfurique et de sel marin un corps oxydant, tel que le bioxyde de manganèse, c'est du chlore qui est mis en liberté, en même temps qu'il se produit du sulfate de soude, du sulfate de manganèse et de l'eau.

FABRICATION DES SELS DE SOUDE

Les sels de soude sont répandus en grande abondance sur toute la surface du globe. L'eau de la mer et des sources salées contient une quantité inépuisable de chlorure de sodium (sel marin) ; à l'intérieur du sol, on trouve des masses considérables formées de sel gemme, soit pur, soit mélangé à divers sels de soude et de potasse.

Le sulfate et le carbonate de sodium présentant pour le verrier beaucoup plus d'importance que le chlorure, nous passerons sous silence l'industrie des salines et du sel marin, nous réservant de donner plus de détails sur la fabrication des deux premiers sels, qui font partie de presque toutes les compositions vitrifiables.

Si nous laissons de côté la *soude naturelle* extraite directement des eaux minérales et des lacs natrifères de l'Egypte, des plaines de la Caspienne, de la Californie, etc., ainsi que la *soude minérale* retirée en même temps que la potasse minérale des dépôts de sels de Stassfurt (voir p. 414), il reste comme sources utilisables industriellement les végétaux marins (*soude végétale*) et le sel marin (*soude artificielle*).

Soude provenant des végétaux

Les végétaux qui croissent sur les bords de la mer, dans la mer elle-même, dans les steppes salés, etc., contiennent beaucoup plus de sodium que les plantes terrestres, riches surtout en potassium. Par incinération et lixiviation, on retire du carbonate de soude (voir *Extraction de la potasse des varechs*, p. 422), d'un certain nombre de varechs que l'on cultive spécialement dans certaines régions, à cause de leur richesse plus élevée en sels alcalins.

On distingue parmi les soudes naturelles les espèces suivantes :

1° La *Barille*, soude d'Alicante, de Malaga, de Carthagène, des îles Canaries; on l'extrait de la barille (*Salsola soda*), qui est cultivée sur les côtes d'Espagne. Elle contient 25 à 30 0/0 de carbonate de sodium.

2° La *Salicorne*, ou soude de Narbonne; on l'obtient par combustion de la *Salicornia annua* que l'on sème et que l'on récolte après le développement de la graine; elle contient 14 0/0 de carbonate de sodium.

3° La *Blanquette*, ou soude d'Aigues-Mortes; on la prépare avec certaines plantes marines qui se rencontrent entre Aigues-Mortes et Frontignan ; elle ne contient que 3 à 8 0/0 de carbonate de sodium.

4° La *soude de l'Araxe*, très employée dans la Russie méridionale ; elle a à peu près la même valeur que la soude blanquette ; elle est préparée en Arménie, sur le plateau de l'Araxe.

5° La *soude de varechs*, que l'on prépare en Normandie et en Bretagne avec différentes espèces d'al-

gues, principalement avec le fucus vésiculeux (goémon), a une valeur encore moindre que l'espèce précédente.

6° Le *kelp* offre à peu près la même valeur que la soude de varechs ; on le prépare sur les côtes occidentales de la Grande-Bretagne, avec différentes espèces de salsolacées et d'algues.

Parmi les espèces de soude d'origine végétale on peut encore citer la *soude de betteraves*, qui se produit en grande quantité à côté de la potasse (voir p. 420), dans le traitement du charbon de vinasse des distilleries de betteraves.

Soude artificielle

La production de la soude végétale a considérablement diminué depuis qu'on est parvenu, il y a un siècle environ, à transformer le sel marin en carbonate de soude. Le *procédé Leblanc*, qui fut mis en pratique par les soins du Comité de salut public en 1793, pour permettre à la France de se passer des soudes qu'elle tirait d'Espagne, est resté exclusivement employé jusqu'à l'apparition du *procédé à l'ammoniaque*. Actuellement, ce dernier procédé fait une concurrence à peu près égale au procédé Leblanc. et l'a presque complètement supplanté en Allemagne.

Procédé Leblanc

La fabrication de la soude artificielle par le procédé Leblanc comporte trois phases :

1° Préparation du *sulfate de soude*, au moyen du sel marin et de l'acide sulfurique.

2° Préparation de la *soude brute*, au moyen du sulfate de soude, de la craie et du charbon.

3° Préparation de la *soude raffinée*, par lessivage de la soude brute, purification et évaporation de la lessive.

A ces opérations se rattachent des opérations accessoires d'une importance non moins grande, telles que la condensation de l'*acide chlorhydrique* dégagé pendant la préparation du sulfate de soude, et l'utilisation des résidus (*charrées ou marcs de soude*) qui contiennent une grande quantité de soufre.

Préparation du sulfate de soude

La réaction de l'acide sulfurique sur le sel marin est souvent effectuée dans un four à réverbère comprenant deux compartiments chauffés inégalement : dans le compartiment le plus chaud, qui est garni d'une sole en plomb, on introduit le sel et l'acide sulfurique ; il se produit une vive réaction : des vapeurs d'acide chlorhydrique se dégagent et la majeure partie du sel est transformée en bisulfate de soude. Ce produit, transporté dans le second compartiment où la température est moins élevée, passe à l'état de sulfate de soude et dégage une nouvelle quantité d'acide chlorhydrique.

Le sulfate de soude que l'on obtient par le procédé Leblanc contient en moyenne 93 à 97 0/0 de sulfate de sodium et 2 à 3 0/0 de chlorure de sodium. Quand il est destiné à la fabrication du verre incolore, on doit éliminer le fer qu'il peut renfermer. Dans ce but on précipite l'oxyde de fer par la chaux après dissolution du sel, on évapore la solution claire et l'on dessèche le produit.

Préparation de la soude brute

Pour transformer le sulfate de soude, on le mélange avec de la craie (quelquefois avec de la chaux)

et du charbon, et l'on fond le mélange sur la sole d'un four à réverbère ou dans un four tournant.

Voici quelques proportions employées dans différentes usines :

	Leblanc	Chauny		Rouen	Javel	Angleterre
	Four à réverbère	Four à réverbère	Four tournant	Four tournant	Four à réverbère	Four tournant
Sulfate.	100	100	100	100	100	100
Calcaire	100	100	112	124	105	110
Charbon	50	35-40	35-40	35	35	75

Production. . . . . 150 à 155 de soude brute.

Le sulfate ne doit pas contenir plus de 2 0/0 d'acide sulfurique libre, ni plus de 2 0/0 de chlorure de sodium. Ce dernier sel rend le travail du four plus facile, mais augmente la difficulté du lessivage.

Le calcaire doit être préalablement séché et broyé.

Le charbon (houille) doit renfermer aussi peu d'azote que possible, afin d'éviter la production des cyanures, ferrocyanures et ferricyanures, qui restent dans la soude.

La réaction entre les éléments du mélange a lieu entre 950° et 1050° C. La masse devient pâteuse et doit être brassée continuellement. Des bulles d'oxyde de carbone viennent crever à la surface et brûlent avec une flamme bleue jaunie par des traces de sodium. Aussitôt que les jets de flamme ont un peu diminué, on retire la masse du four et on la fait tomber dans des chariots en tôle. Si la soude est retirée trop tôt, il reste du sulfate, on dit que la soude est *verte*, elle est difficile à lessiver ; si on la

retire trop tard, la soude est *brûlée*, elle contient des polysulfures. Il faut donc surveiller avec attention la fin de l'opération, signalée par l'aspect des flammes d'oxyde de carbone (*chandelles*).

Pour détruire les cyanures, on ajoute, lors du dernier brassage, une certaine quantité de sulfate et de calcaire (*petit mélange*) ; le sulfate est réduit à l'état de sulfure par le carbone des cyanures, et les sulfures sont à leur tour décomposés par le carbonate de chaux.

Le travail du brassage, très pénible pour les ouvriers lorsqu'il est exécuté manuellement, est presque partout remplacé maintenant par une opération mécanique. On se sert à cet effet de fours à sole tournante ou *revolvers*. Ces appareils consistent en un cylindre horizontal, traversé par un courant de flammes et tournant sur lui-même, tantôt dans un sens, tantôt dans l'autre, à raison de 1/3 à 3 tours par minute. Ce cylindre, en tôle rivée, garnie de pièces réfractaires, est pourvu intérieurement de saillies qui exécutent le brassage. Ce genre de fours a sur les fours à main de grands avantages : réduction de main-d'œuvre et de combustible, régularité et bon rendement, suppression du broyage de la craie, suppression d'un personnel difficile à recruter et à conduire.

La charge d'un four se compose (Lille, Chauny, Rouen, etc.) de la manière suivante :

Sulfate	1.500 kilog.
Craie séchée	1.800 —
Grugeons de chaux. . .	105 —
Charbon	510 à 520

Le « petit mélange » que l'on ajoute à la fin de l'opération est composé de :

Sulfate	120 kilog.
Craie	60 —

Chaque opération donne 2,500 à 2,600 kilog. de soude à 36 ou 38 degrés alcalimétriques.

La *soude brute* présente à peu près la composition suivante :

Carbonate de sodium.	45
Sulfure de calcium	30
Chaux caustique.	10
Carbonate de calcium	5
Corps étrangers	10
	100

Il se forme quelquefois dans la soude brute des cristaux de sulfate de calcium combiné à du silicate d'alumine et de chaux ($2\,CaS, 6\,CaSiO^3, Al^2SiO^5$), ainsi que du silicate Ca^3SiO^7. Il y a à peu près 5 0/0 de sodium sous forme de combinaisons insolubles.

Des quantités considérables de soude brute sont, notamment en Angleterre, employées sans autre traitement à la fabrication du verre à bouteilles.

Préparation de la soude raffinée

1° *Lixiviation de la soude brute.* — Le lessivage de la soude brute se fait actuellement de la manière la plus avantageuse dans l'appareil de *Buff*, généralement connu sous le nom de lessivoir de *Shanks*.

Cet appareil est composé d'une série de cuves placées les unes à côté des autres ; ces cuves sont tra-

versées par un courant d'eau qui lessive la soude et devient de plus en plus dense de cuve en cuve ; le niveau du liquide s'abaisse successivement d'une cuve à l'autre, depuis la première qui contient de l'eau pure, jusqu'à la dernière, de laquelle s'écoule la lessive saturée.

Les cuves ont 2m60 de côté et 2 mètres de profondeur ; elles sont munies d'un faux fond en tôle perforée supporté par une grille. Du fond de chaque cuve part un tube en tôle qui est ouvert aux deux bouts et dont l'extrémité inférieure est coupée en sifflet ; ce tube s'élève jusqu'au haut de la cuve et porte sur le côté une courte tubulure qui fait communiquer une cuve avec l'autre ou avec un caniveau latéral.

Au moyen de tuyaux de conduite munis de robinets, chaque cuve peut être remplie avec de l'eau. A l'aide des robinets placés au fond des cuves, la lessive peut être amenée dans le caniveau. Quatre cuves sont en général suffisantes.

La première cuve contient de la soude brute qui a déjà subi trois lavages ; elle ne renferme par conséquent qu'une petite quantité de sels solubles. L'eau pure qui est amenée dans cette cuve enlève à la soude toutes ses substances solubles, passe dans la deuxième cuve dont la soude n'a été lavée que deux fois, puis dans la troisième cuve contenant de la soude lavée une seule fois, et enfin dans la quatrième cuve, chargée de soude brute. De là la lessive s'écoule dans un réservoir. Quand la soude est complètement épuisée dans la première cuve, on charge cette cuve de soude brute neuve, et on fait arriver l'eau pure dans la deuxième cuve. La marche de la

lessive est modifiée à volonté en plaçant des bouchons à l'orifice des tubes. L'ouvrier s'arrange toujours de manière à faire sortir la lessive par la cuve qui a été chargée de soude brute en dernier lieu. Plus le nombre des cuves est élevé, plus la lixiviation est rapide, mais on ne dépasse pas en pratique le nombre de huit cuves en série. Il suffit que la lessive qui s'écoule ait une densité voisine de 1,3, ce qui correspond à une richesse en soude de 13,5 0/0 du poids du liquide.

Pratiquement, on doit lessiver la soude brute *rapidement*, employer pour cette opération le *minimum d'eau* et maintenir la *température aussi basse que possible*, afin d'éviter la production des sulfures.

2° *Purification de la lessive brute.* — La *lessive brute* renferme en dissolution du carbonate de soude, de la soude caustique et une petite quantité de sel marin, de sulfite, d'hyposulfite, de sulfure et de cyanure de sodium. Elle tient en outre en suspension de l'alumine, de la silice et du fer, dont la majeure partie, constituée par du sulfure de fer colorant la solution en rouge, se dépose après un repos prolongé. Une petite quantité de *fer* reste cependant dans la dissolution, soit à l'état de carbonate ou de sulfure de fer, soit à l'état de ferrocyanure de sodium.

Une addition de soude caustique élimine immédiatement et complètement le fer dans les lessives de soude qui renferment ce métal à l'état de carbonate (1).

(1) La solution du peroxyde de fer dans le carbonate de soude est tout à fait incolore et ne dépose pas de fer, même au bout d'un long temps.

Pour détruire le sulfure de fer, sel insoluble dans le carbonate de soude mais très soluble dans les sulfures alcalins, de nombreux procédés ont été proposés. Celui qui semble donner les meilleurs résultats consiste à faire agir sur la lessive brute, divisée par sa chute à travers des plateaux perforés, un courant d'acide carbonique et d'air, les gaz d'un four à chaux, par exemple. Le sulfure de sodium est transformé en carbonate de soude ; de l'acide sulfhydrique se dégage avec les gaz qui sortent de l'appareil ; le sulfate de fer, précipité, est retenu par le dépôt gélatineux que forment la silice et l'alumine mises en liberté par l'acide carbonique.

3° *Evaporation des lessives de soude.* — La soude du commerce, carbonate de soude plus ou moins riche en soude caustique, est livrée à l'état de *sel de soude* ou sous forme de *cristaux.*

L'évaporation à sec de la lessive se fait, en France, dans des fours à réverbère ; on recouvre la sole d'une épaisse couche de sel de soude avant d'y couler la lessive, préalablement concentrée de 25 à 30 degrés Baumé. Pendant que la masse se dessèche on la brasse avec un râble en fer de manière à obtenir un sel granulé. La *soude calcinée* titre 80 à 82 degrés alcalimétriques et renferme 10 à 15 degrés de soude caustique.

Pour purifier cette soude impure, on la redissout et après l'avoir laissée déposer, on l'évapore dans des bassins chauffés par dessous.

Le sel, pêché à mesure qu'il se forme pendant l'évaporation, est au titre de 90° alcalimétriques environ. On arrête cette opération quand la lessive est réduite au quart de son volume primitif ; l'eau-mère

ou *eau-rouge*, est évaporée à sec et calcinée avec de la sciure de bois de façon à carbonater la soude caustique. On en extrait une nouvelle quantité de *sel de soude* dans une opération ultérieure.

En Allemagne, on se sert d'une chaudière d'évaporation à pêchage mécanique, imaginée par *Thelen*, pour amener la lessive à l'état de sel de soude. Une série de palettes montées sur un arbre rotatif, râclent les parois de la chaudière, rassemblent le sel au milieu et le rejettent au dehors. On dessèche ensuite les cristaux dans un appareil analogue.

En Angleterre, l'évaporation se fait en chauffant la lessive par dessus. Comme toutes les poussières entraînées par les gaz chauds sont arrêtées par les liquides dans ces « fours à pêcher », on obtient un sel impur (*soda cruda*), à 72° alcalimétriques.

La calcination de ce sel donne de la cendre de soude (*soda ash*) que l'on redissout et qui fournit par évaporation le « *white alkali* » à 80° alcalimétriques.

Le pêchage de la soude crue est arrêté quand la liqueur atteint 50° B. (densité 1,5). L'eau-mère ou *eau rouge* sert à préparer la soude caustique, ou bien est calcinée avec de la sciure de bois pour donner une nouvelle quantité de carbonate brut.

A Chauny, les lessives sont évaporées dans des bassins chauffés par dessus, au moyen de chaleurs perdues. Au moment où la cristallisation va commencer, on siphonne la liqueur et on l'envoie dans un appareil *Thelen*. L'eau-mère donne de la soude à 80° alcalimétriques (28 à 30° de caustique).

Les *cristaux de soude* diffèrent du sel de soude par une plus grande pureté et par leur teneur en eau. Leur composition, représentée par la formule

$CO^3Na^2 + 10H^2O$, correspond environ à 37 0/0 de soude et 63 0/0 d'eau. Ils ne contiennent pas de soude caustique mais renferment souvent une assez grande proportion de sulfate de soude, qu'on y ajoute dans le but d'augmenter la dimension des cristaux.

On prépare les cristaux en dissolvant et faisant cristalliser le sel de soude, à deux reprises successives, puis en desséchant le produit dans une étuve à 15 ou 18° C.; on met aussitôt les cristaux en barils pour éviter qu'ils s'effleurissent.

Procédé à l'ammoniaque

Le nouveau procédé de fabrication de la soude est basé sur le principe suivant : lorsqu'on mélange une solution de sel marin (NaCl) et du bicarbonate d'ammoniaque (CO^3AmH), il se forme par voie de double décomposition du chlorhydrate d'ammoniaque soluble (AmCl) et du bicarbonate de soude (CO^3NaH), qui se précipite. Par l'action de la chaleur on décompose ensuite le bicarbonate de soude en carbonate neutre (CO^3Na^2) avec dégagement d'acide carbonique et d'eau.

Les premières tentatives faites pour exécuter ce procédé en grand datent de 1838; elles ont été reprises en 1855 par *Schlœsing* et *Rolland*, et plus récemment par *Solvay*, de Bruxelles, qui y apporta de grands perfectionnements. En 1885, *Daguin et Cie* ont installé, sur une base un peu différente, une soudière qui fait une concurrence importante à celle de *Solvay et Cie*.

La fabrication comporte quatre phases :

1° Saturation des solutions salines par le gaz ammoniac;

2° Carbonatation de la liqueur et séparation du bicarbonate de soude précipité;

3° Torréfaction du bicarbonate de soude;

4° Traitement des eaux-mères pour récupérer l'ammoniaque.

1° *Saturation des saumures par le gaz ammoniac.* — On emploie généralement comme saumure l'eau salée que l'on se procure en certaines régions au moyen de trous de sonde, et dont on augmente la concentration jusqu'à 23 ou 24° B. par l'addition de sel marin. La saumure doit être débarrassée des sels de magnésie et de fer qu'elle peut renfermer. Par l'addition d'un lait de chaux on précipite la magnésie; le sulfate de chaux qui se forme en même temps est décomposé à l'aide d'une certaine quantité de carbonate de soude. Si les liqueurs contiennent du fer, on fait passer ce métal « au maximum » par l'action du chlorure de chaux, puis on précipite ensemble le fer et la chaux par un courant d'acide carbonique.

La solution salée étant filtrée on la fait passer dans un récipient (*saturateur*) où un courant de gaz ammoniac arrive par la partie inférieure. En se saturant la solution saline augmente de volume et sa densité s'abaisse à 13 ou 16° B.; sa température s'élève en même temps par suite de la chaleur dégagée dans la combinaison. Après l'avoir refroidie, on la fait passer dans l'*absorbeur*, où doit se faire la réaction de l'acide carbonique.

2° *Carbonatation et précipitation du bicarbonate de soude.* — L'*absorbeur Solvay* consiste en un cylindre

en fonte, ayant de 10 à 20 mètres de hauteur et divisé dans toute sa hauteur par une série de plateaux percés au centre, dont chacun est surmonté d'un dôme perforé. A la partie inférieure, on fait arriver les gaz réunis des fours à chaux et des fours où l'on décompose le bicarbonate de soude. Ces gaz en s'élevant rencontrent d'abord la saumure ammoniacale, qui est introduite vers le milieu de la colonne, puis de la saumure pure, arrivant à la partie supérieure. Ils sont introduits dans l'appareil à une pression telle que le froid produit par leur détente suffise à compenser la chaleur dégagée par la réaction. Une température un peu élevée nuirait en effet, de même qu'une pression trop faible, à la réaction du sel marin sur le bicarbonate d'ammoniaque. Le sel formé, en suspension dans le liquide, est entraîné avec celui-ci et sort par la tubulure inférieure. Tous les quinze jours, on doit cependant nettoyer les plateaux de l'appareil, et c'est là un travail assez considérable; l'appareil *Foulieron*, employé par *Daguin et Cie*, n'a pas cet inconvénient au même degré, car il est facile à démonter et à remonter, et fonctionne quatre à cinq mois sans nettoyage.

La solution de chlorhydrate d'ammoniaque tenant en suspension le bicarbonate de soude précipité, est filtrée sur un filtre à vide dont le fond perforé est garni d'une étoffe de coton. Le sel est débarrassé, par un lavage rapide, du chlorhydrate qui l'imprègne, puis on l'enlève à la pelle après l'avoir laissé égoutter quelque temps.

3° *Torréfaction du bicarbonate de soude.* — La transformation du bicarbonate de soude en carbonate neutre est opérée, par l'action de la chaleur,

dans un appareil qui permet de recueillir l'acide carbonique dégagé. On se sert ordinairement du torréfacteur de *Schlœsing et Rolland*, sorte de chaudière en fonte munie d'un agitateur mécanique dont l'axe passe à travers un presse-étoupe fixé dans le couvercle.

Le carbonate de soude préparé par le procédé à l'ammoniaque est d'une grande pureté. Il contient seulement 1 0/0 de chlorure de sodium. Son prix de revient peut être bien moins élevé que celui de la soude *Leblanc* dans les régions où l'eau salée est à bas prix. Sa fabrication exige aussi moins de frais de premier établissement et d'entretien.

Soude de cryolithe

On trouve au Groenland des gisements d'une pierre translucide, facilement fusible, désignée sous le nom de *cryolithe*. C'est un fluorure double d'aluminium et de sodium :

$$(Al^2 Na^6 Fl^{12})$$

Thomsen, de Copenhague, montra que ce minéral était facilement décomposé par la chaux en aluminate de soude ($Al^2O^6Na^6$) et fluorure de calcium ($CaFl^2$).

Il suffit de chauffer au rouge un mélange fait dans la proportion de 1 molécule de cryolithe pour 6 molécules de calcaire, auquel on ajoute généralement le résidu de l'opération précédente. Il faut deux heures pour traiter ainsi 500 kilogrammes de cryolithe.

La masse est ensuite lessivée pour dissoudre l'alu-

minate de soude. Le résidu formé par le *fluorure de calcium* trouve emploi dans la fabrication de certains verres.

Quant à l'aluminate de soude, il est facilement décomposé par l'acide carbonique en alumine hydratée et *carbonate de soude* que l'on fait cristalliser dans la solution.

L'alumine précipitée est employée de préférence à la fabrication de l'alun.

Actuellement cette industrie n'est plus exercée qu'à Natrona (Amérique du Nord) et à Oersund (Danemark).

IV. CHAUX

Le *calcium* (Ca) est un métal peu connu. Sa couleur est blanc d'argent; il est brillant et très ductile. Sa densité est 1,58. Il fond au rouge et brûle avec une lumière intense.

Il se conserve assez bien dans l'air sec, mais s'altère très vite à l'air humide. Il décompose l'eau à la température ordinaire en se transformant en chaux hydratée.

Le calcium est bivalent et a pour poids atomique 40.

L'*oxyde de calcium* (CaO) ou *chaux* est une base très réfractaire. Elle est caustique et attaque rapidement les tissus des matières animales. Sa densité est égale à 2,3.

La chaux anhydre ou *chaux vive* s'unit à l'eau avec un grand dégagement de chaleur ; il se forme un hydrate représenté par la formule $Ca(OH)^2$.

L'*hydrate de chaux* ou *chaux éteinte* forme une poussière blanche légère, qui peut rester en sus-

pension dans l'eau quand on agite ce liquide ; ce mélange porte le nom de *lait de chaux.*

La chaux est très peu soluble dans l'eau. Il faut 7 litres d'eau pour dissoudre 10 grammes de chaux, à la température ordinaire.

Le *carbonate de chaux* (CO^3Ca) se présente dans la nature sous diverses formes, les unes cristallines, les autres amorphes, de densité variable.

Le carbonate de chaux est décomposé par la plupart des acides. Si l'on opère dans un liquide, l'acide carbonique se dégage avec effervescence.

L'action de la chaleur rouge suffit à décomposer le carbonate de chaux ; l'acide carbonique est chassé et il reste de la chaux caustique (Ca O).

Dans le creuset du verrier, l'acide carbonique du calcaire est d'abord chassé par l'influence de la chaleur seule, et les dernières traces sont déplacées par l'acide silicique qui, s'unissant à la chaux, donne du silicate de chaux.

Le carbonate de chaux est à peu près insoluble dans l'eau pure (34 milligrammes dans un litre). Il se dissout dans l'eau chargée d'acide carbonique ; il s'y trouve alors à l'état de bicarbonate de chaux [$(CO^3)^2CaH^2$]. Si cette solution perd par volatilisation la moitié de son acide carbonique, le carbonate de calcium, redevenu insoluble, se dépose de nouveau.

La combinaison de la chaux avec l'acide sulfurique existe dans la nature sous deux états : le *gypse* (pierre à plâtre) et l'*anhydrite.*

Le sulfate de chaux anhydre naturel, porté au rouge vif en présence du sable, abandonne le soufre et l'oxygène qu'il contient, et il se produit un silicate de chaux.

Le *phosphate de chaux* en usage est tiré des os des animaux. Ces os sont nettoyés, dégraissés ensuite par ébullition dans de grandes chaudières, puis calcinés. Quand ces os sont encore colorés par des matières organiques non brûlées, on achève de les rendre parfaitement blancs par une nouvelle calcination dans des fours convenables. On les broie finement pour s'en servir immédiatement. Ces *cendres d'os* sont formées de 4/5 de phosphate de chaux (PhO^4Ca) et de 1/5 de carbonate de chaux (CO^3Ca).

Le phosphate de chaux, en mélange sous de faibles proportions, ajoute à la fusibilité du feldspath. Il sert à former quelques émaux blancs et opaques.

Introduit en petite quantité dans le verre ou le cristal, il y reste en suspension, à la manière de la chaux dans le lait de chaux, pour former des matières opalines qui conservent toutes les qualités des matières vitreuses, moins la transparence.

Dans certains endroits, on trouve, tout formé par la nature, du *silicate de chaux*, appelé *wollastonite*. Cette matière est employée dans certains cas pour la fabrication du verre ; on emploie également des roches où le silicate de chaux entre pour une forte partie.

CALCAIRES

La roche employée pour la fabrication de la chaux, le carbonate de calcium (CO^3Ca), appartient aux corps les plus répandus dans la nature. Cette substance constitue un élément des os des animaux vertébrés ; elle forme en outre la masse principale de la coquille des mollusques et le revêtement calcaire d'un grand nombre de plantes aquatiques, de celles du genre *Chara* par exemple. Elle se trouve en très

grande abondance dans le règne minéral, sous forme de chaux carbonatée primitive, de marbre, de chaux carbonatée cristallisée, d'arragonite, de craie et de pierre calcaire (calcaires de transition, conchylien, du lias, jurassique, grossier, etc.).

Parmi ces minéraux, on emploie dans l'industrie à l'état naturel : le *marbre* pour la confection d'objets de sculpture et pour préparer de l'acide carbonique dans les fabriques d'eaux minérales artificielles ; le *spath d'Islande*, qui est une variété de la chaux carbonatée cristallisée, dans la fabrication de certains instruments d'optique ; la *craie* comme substance colorante et pour écrire ; la *pierre calcaire* dans la fabrication de la soude, dans la préparation des mortiers hydrauliques, dans la construction et le pavage ; comme fondant en métallurgie et dans la composition des verres à glaces, à vitres, à bouteilles et d'un grand nombre de glaçures.

Cuisson de la pierre à chaux

La calcination de la pierre calcaire est effectuée dans les *fours à chaux*. On établit les fours à chaux ordinaires sur le versant d'un coteau ou de la carrière elle-même. Lorsqu'on veut faire une fournée, on construit avec les pierres les plus grosses une voûte ogivale de 1m30 à 1m60 de haut ; cette voûte sert de foyer, et on verse dessus, par le gueulard, les autres pierres avec lesquelles on remplit la cuve. On élève peu à peu la température du four en brûlant dans le foyer un combustible facilement inflammable et l'on entretient un feu dégageant une fumée épaisse. En produisant cette *fumigation* on a pour but d'élever graduellement la température des

pierres, ce qui empêche que les grosses pierres formant la voûte ne viennent à éclater et que toute la masse des pierres remplissant la cuve ne tombe sur le feu. On augmente peu à peu le feu, les pierres noircies par la suie deviennent de plus en plus blanches et les flammes qui sortent du gueulard sont claires et dépourvues de fumée. Aussitôt que la pierre apparaît au-dessous de la couverture sous forme d'une masse rouge-blanc et poreuse, et que le contenu du four s'est affaissé d'environ 1/6, on considère la cuisson comme terminée; on retire alors la chaux du four et l'on commence une nouvelle cuite. Une cuite dure en général de 36 à 48 heures.

L'expérience a démontré que la cuisson de la pierre calcaire est facilitée par la présence de la vapeur d'eau; c'est pour cette raison que les chaufourniers préfèrent employer la pierre encore imprégnée de son eau de carrière à celle qui a été plus ou moins desséchée par une exposition prolongée à l'air.

H. Le Chatelier a déterminé la température nécessaire pour la cuisson de la chaux. Bien qu'à 812° C. la tension de dissociation du carbonate de chaux soit égale à la pression atmosphérique, 925° C. sont cependant nécessaires, en élevant rapidement la température, pour expulser complètement l'acide carbonique.

Les fours à chaux *à cuisson continue* ont l'avantage sur les précédents d'économiser le combustible et de fournir des produits d'une qualité plus régulière. On introduit par le gueulard des couches alternées de pierres calcaires et de combustible (tourbe, lignite, houille) et par en bas on défourne de temps

en temps la chaux calcinée. Dans les fours continus plus récents, le foyer est en dehors de la cuve, de telle sorte que la pierre calcaire contenue dans le four n'est pas en contact avec le combustible, mais seulement chauffée par la flamme de celui-ci. Aussitôt que la chaux est extraite par l'ouverture située au niveau de la sole du four, la chaux qui se trouve au-dessus de l'arrivée des flammes s'abaisse, et par le gueulard on introduit de nouvelle pierre à chaux. La chaleur est par conséquent mieux utilisée que dans les fours précédents.

V. BARYTE ET STRONTIANE

L'*oxyde de baryum* (BaO) ou *baryte* présente une grande analogie avec la chaux.

L'hydrate de baryte, $Ba(OH)^2$, une fois formé ne peut plus se décomposer par la chaleur. Il est plus fusible que l'oxyde de baryum.

L'eau en dissout le dixième de son poids à 100°; le vingtième seulement à la température ordinaire.

La baryte fond seulement à la température du feu de forge. Elle est très avide d'eau.

La baryte est un poison violent. Sa densité est environ 4. Tous ses composés ont une grande densité.

Le carbonate de baryte (CO^3Ba) ne se décompose pas par la chaleur ; mais comme tous les carbonates il est décomposé par la plupart des acides. Il remplace avantageusement la potasse dans la fabrication du verre blanc. Il communique au verre un vif éclat et une grande pesanteur spécifique, ce qui le rend éminemment propre à l'optique.

Le sulfate de baryte ou barytine (SO^4Ba) est au

contraire décomposable par la chaleur ; il l'est également, à la température du rouge, par les acides phosphorique, borique et silicique, avec dégagement d'oxygène et d'acide sulfureux.

On l'emploie souvent dans le but d'augmenter le poids du verre et d'économiser des sels fondants. Quand il est employé à forte dose, il donne au verre un lustre huileux désagréable à l'œil et le rend grenu vers la fin du soufflage ; dans ce dernier cas on ne peut plus liquéfier le verre, même en le réchauffant pendant longtemps dans le four.

On peut sans danger introduire 15 parties de sulfate de baryte pour 100 de sable, en réduisant le dosage du sulfate de soude à 7 parties.

Comme la baryte est assez fusible, elle rend le verre doux au travail ; on peut atténuer cet inconvénient en ajoutant à la composition du verre moulu au lieu de groisil.

STRONTIANE

L'*oxyde de strontium* (SrO) ou *strontiane* possède la plupart des propriétés de la baryte.

On distingue facilement la strontiane de la baryte, car les sels de strontiane communiquent une belle couleur rouge (1) à la flamme de l'alcool, tandis que les sels de baryte lui donnent une coloration jaune verdâtre. Dans les mêmes conditions la chaux donne une teinte rouge jaunâtre, peu caractéristique du reste.

(1) Les sels de strontiane à acides fixes ne donnent pas cette coloration. On y réussit quelquefois cependant en humectant l'essai d'acide chlorhydrique.

VI MAGNÉSIE

Le *magnésium* (Mg) est un métal blanc d'argent, à cassure fibreuse ou granuleuse. Il se ternit un peu à l'air. Son poids spécifique est égal à 1,743. Il fond entre 700 et 800°; il s'enflamme un peu au-dessus de son point de fusion et brûle avec une lumière blanche éclatante, en donnant naissance à de la magnésie.

Il brûle également dans l'acide carbonique et l'acide sulfureux. Il décompose lentement l'eau froide et pure, mais très rapidement lorsqu'elle est acidulée.

La potasse et la soude n'agissent pas à froid sur le magnésium.

L'*oxyde de magnésium* ou *magnésie* (MgO) se présente sous forme d'une poudre blanche très légère, très réfractaire.

C'est la base la plus puissante après les alcalis. Sa densité est 2,3.

La magnésie est très peu soluble dans l'eau et est insoluble dans la potasse et la soude. Elle s'unit à l'eau avec beaucoup moins d'affinité que la chaux ou la baryte, en formant l'hydrate $Mg(OH)^2$.

La chaleur ramène facilement cet hydrate à l'état d'oxyde anhydre.

La magnésie n'est décomposée que par le chlore, et encore la réaction n'a-t-elle lieu qu'à la chaleur rouge. Elle absorbe peu à peu l'acide carbonique au contact de l'air et se transforme en carbonate.

Le *carbonate de magnésie* (CO^3Mg) est insoluble dans l'eau. Une température peu élevée met l'acide carbonique en liberté et ramène le carbonate à l'état d'oxyde.

Il existe dans la nature un minéral assez abondant, la *dolomie*, qui est un carbonate de chaux et de magnésie ; on peut l'employer à la place du calcaire dans la fabrication du verre.

La *magnésie blanche* du commerce est un hydrocarbonate que l'on obtient en versant un carbonate alcalin dans une dissolution d'un sel de magnésie. Elle a pour formule :

$$3\ CO^3Mg + Mg(OH)^2$$

VII. PLOMB

Le *plomb* pur est un métal gris-bleuâtre, très mou et très malléable. Il fond entre 325 et 335° C. Sa densité est de 11,445. Les acides agissent sur lui avec plus ou moins d'énergie ; son meilleur dissolvant est l'acide azotique.

Le plomb du commerce contient souvent des traces de fer et de cuivre, quelquefois de l'argent.

On représente ce métal par le symbole Pb ; son poids moléculaire est 104.

L'oxygène se combine facilement au plomb et forme avec lui différents oxydes. Les seuls oxydes dont nous ayons à nous occuper ici sont le protoxyde, le bioxyde et l'oxyde salin.

Le *protoxyde de plomb* (PbO) est employé dans l'industrie sous deux formes différentes : le *massicot* et la *litharge*.

Cet oxyde fond à la chaleur rouge et devient alors très fluide. Il se dissout à froid dans la potasse ; la dissolution le laisse déposer lorsqu'on la porte à l'ébullition : l'oxyde présente alors, d'après *Calvert*, une belle coloration rose. Il se transforme en carbo-

nate au contact de l'air. Il attaque et troue les creusets de terre et de verre quand il est en fusion, car il se combine avec la silice pour former une masse vitreuse (cristal). Il se dissout dans l'acide acétique, l'acide azotique, l'acide chlorhydrique très étendu ; il est insoluble dans les carbonates alcalins. Le carbone réduit facilement l'oxyde de plomb à l'état métallique.

Le *bioxyde de plomb* (PbO^2) ou *acide plombique* (1) possède une couleur brune qui lui a fait donner le nom d'*oxyde puce*. Par calcination, il se convertit en protoxyde en dégageant de l'oxygène. Il se combine avec la potasse, la soude et un certain nombre de bases alcalino-terreuses (PbO^3K^2, PbO^3Ca, etc.) pour former des sels nommés plombates. Il absorbe l'acide sulfureux en formant du sulfate de plomb ; on utilise cette propriété dans l'analyse d'un mélange gazeux pour séparer l'acide sulfureux.

L'*oxyde salin* (Pb^3O^4), ou *minium*, peut être regardé comme une combinaison d'acide plombique et de protoxyde de plomb ($PbO^2, 2PbO$) ; ces deux éléments se séparent l'un de l'autre lorsqu'on traite l'oxyde salin par l'acide azotique. Le *sesquioxyde de plomb* (Pb^2O^3) est également considéré comme un sel, le plombate neutre de plomb (PbO^3Pb). A une température suffisamment élevée, ces oxydes sont ramenés à l'état de protoxyde de plomb.

Le minium est employé pour la fabrication du cristal, pour la préparation de mastics pour les tubes de verre, pour la préparation des couleurs, etc.

La litharge et le minium se combinent à la silice pour donner un même silicate très fusible.

(1) Ou plus exactement : *anhydride de l'acide plombique* PbO^3H^2.

La combinaison se fait avec une extrême facilité et donne un produit blanc.

Le minium est généralement plus pur que la litharge.

FABRICATION DES SELS DE PLOMB

Le plomb se rencontre dans la nature à l'état de sulfure (PbS) ou *galène*, et rarement à l'état d'oxyde. On l'obtient à l'état métallique en décomposant la galène par le fer, sous l'influence de la chaleur ; on procède encore en grillant partiellement la galène au contact de l'air.

On prépare l'oxyde de plomb en calcinant au contact de l'air le plomb métallique ou un de ses sels facilement décomposable par la chaleur (carbonate ou azotate de plomb).

Si l'on maintient le plomb pendant quelque temps au contact de l'air à une température un peu supérieure à celle de son point de fusion, sa surface se recouvre d'une couche irisée qui se transforme rapidement en une matière jaune. Cette matière, qui n'est autre que du protoxyde de plomb, constitue le *massicot*.

On obtient la *litharge* comme produit métallurgique dans l'extraction par coupellation de l'argent du plomb riche. Elle contient toujours des quantités plus ou moins grandes d'oxyde de cuivre, un peu d'oxyde d'antimoine et quelquefois du plomb métallique. Par digestion avec une solution de carbonate d'ammoniaque ou d'acide acétique, on peut la débarrasser de l'oxyde de cuivre qui s'y trouve contenu et qui, même à faible dose, colorerait le cristal où il entrerait.



On prépare le *minium* en chauffant, en présence de l'air et en brassant continuellement, du protoxyde de plomb dans un four à réverbère. La chaleur doit être faible, parce que sans cela l'oxyde de plomb fondrait et se transformerait en litharge, qui ne peut pas être changée en minium. Le meilleur minium s'obtient en grillant du carbonate de plomb pur à une flamme oxydante et à une température inférieure au rouge; il porte le nom de *mine-orange* (*rouge de Paris*).

On peut aussi obtenir du minium pur en alliant le plomb à une petite quantité d'étain. On met de côté les premiers produits de la calcination, qui renferment tout le cuivre et l'étain mélangés avec plus ou moins de plomb, en sorte que le bain métallique restant, ne contenant plus rien d'étranger, donne un excellent minium.

Pour reconnaître facilement la présence de ces substances étrangères, on traite le minium à l'aide du chalumeau. On en pose une petite portion dans le creux qu'on a pratiqué à l'extrémité d'un charbon de bois, et, en réduisant l'oxyde à la flamme du chalumeau, le minium pur laisse sur le charbon un globule de plomb, tandis que l'oxyde impur y laisse en outre des traces rougeâtres.

Ou bien on étend une couche de minium sur un morceau de faïence ou de porcelaine que l'on expose au feu. Lorsque la matière fondue est jaunâtre, la qualité en est bonne ; si elle est verdâtre, on peut conclure à la présence du cuivre.

VIII. ALUMINE

L'alumine, combinaison de l'aluminium avec l'oxygène, a pour formule chimique Al^2O^3 ; elle entre dans la composition d'un grand nombre de minéraux. Plusieurs pierres précieuses employées dans la bijouterie, et entre autres le rubis et le saphir ne sont autres que de l'alumine colorée par quelques oxydes métalliques. Il en est de même du *corindon* qui est de l'alumine pure incolore et cristallisée. Le corindon est après le diamant la pierre précieuse la plus recherchée ; elle s'appelle *rubis*, quand elle est colorée en rouge feu ; *topaze orientale*, quand elle est d'un beau jaune citron ; *saphir oriental*, si elle a une couleur bleue ; *améthyste orientale*, si sa teinte est pourpre ou violette.

Toutes ces substances sont, ainsi que l'alumine calcinée, inattaquables par les acides et les alcalis.

L'*émeri* est également de l'alumine cristallisée mélangée à l'oxyde de fer, et qui, en raison de sa dureté, peut servir à polir beaucoup de corps durs, tels que le fer, l'acier, les verres, etc.

Le *papier de verre* n'est autre chose que du papier fort imprégné de gélatine et saupoudré d'émeri.

L'alumine peut s'obtenir soit anhydre, soit en combinaison avec l'eau. On peut facilement se la procurer sous cette dernière forme en décomposant le sulfate d'alumine ou l'*alun*, en dissolution dans l'eau, par l'ammoniaque, ou mieux par le carbonate d'ammoniaque ; il se forme un précipité gélatineux qui est de l'*alumine hydratée*.

Cette substance qui est blanche à l'état humide, devient translucide en se desséchant. Si on la chauffe

progressivement à une température supérieure au rouge, elle perd son eau d'hydratation et constitue alors l'alumine anhydre. On peut encore obtenir directement cette dernière en décomposant par la chaleur, soit le sulfate d'alumine, soit le sulfate double d'alumine et d'ammoniaque, connu sous le nom d'alun ammoniacal ; il reste, après la calcination dans le creuset, une matière blanche très légère qui est l'alumine anhydre.

L'hydrate d'alumine est insoluble dans l'eau ; il se dissout facilement dans les acides, ainsi que dans une dissolution de potasse ou de soude ; dans ce dernier cas, l'évaporation lente de la liqueur fournit un composé cristallin qui est l'aluminate de potasse.

La solubilité de l'alumine dans l'ammoniaque est très faible ; néanmoins on ne saurait se servir de ce réactif pour précipiter l'alumine s'il s'agissait de la doser ; on évite cet inconvénient en remplaçant ce produit par le carbonate ou mieux par le sulfhydrate d'ammoniaque, qui n'exercent aucune action dissolvante sur l'alumine.

L'alumine anhydre et chauffée au rouge se dissout très facilement dans les acides, ainsi que dans la potasse ou la soude.

L'alumine hydratée s'unit aux matières colorantes d'origine organique, et donne naissance à des composés présentant des couleurs variées qu'on emploie dans la peinture sous le nom de *laques*.

L'alumine est infusible au feu de forge le plus violent, mais elle fond à la température produite par le chalumeau à gaz hydrogène et oxygène.

Quand on soumet l'alun, additionné d'une très

faible quantité de chromate de potasse, à l'action de cette température, on obtient de véritables rubis artificiels, mais qui ont un trop petit volume pour qu'on puisse en tirer parti.

L'alumine, combinée avec de la silice, un peu d'oxyde de fer et de carbonate de chaux, constitue les terrains dits argileux.

Un mélange de silice et d'alumine avec des traces d'oxyde de fer forme la base de toutes les *argiles*, substances qui doivent à l'alumine la propriété qu'elles ont de faire pâte avec l'eau.

L'hydrate d'alumine se rencontre dans la nature ; il est désigné sous les noms de *gybsite* et de *diaspore*.

L'alumine joue un rôle intéressant dans les qualités physiques du verre : le docteur *Otto Schott*, d'Iéna, a signalé les propriétés particulières qu'elle lui communique au point de vue du soufflage et du façonnage des objets travaillés à la lampe d'émailleur ; *M. Léon Appert* a fait connaître, dans une étude spéciale des propriétés de cette base, l'intérêt qu'il y aurait à l'introduire dans le verre en quantité notable, en lui communiquant ainsi des qualités de stabilité, de plasticité, de dureté et de résistance. Malheureusement, comme l'avait signalé *M. Henrivaux* antérieurement, son emploi en sera forcément très limité par suite de son action sur l'oxyde de fer, même dans les proportions les plus minimes qui s'y rencontreront, et de la coloration qui en sera la conséquence, l'alumine maintenant ou tendant à ramener au minimum d'oxydation les sels de fer contenus dans le verre en fusion.

IX. CHROME

Le sesquioxyde de chrome (Cr^2O^3) est très puissant de coloration ; il fournit, outre le vert qui est sa couleur prédominante, des couleurs de nuances très variées, telles que le jaune, l'orangé, le rouge, le rose (pinck).

Combiné avec d'autres corps, l'oxyde de chrome produit encore une masse de couleurs comme le bleu verdâtre, le noir, le brun, etc.

Le sesquioxyde de chrome s'obtient à l'état de pureté par des méthodes très variées. Le procédé le plus simple consiste à soumettre à l'action de la chaleur rouge le *bichromate de potasse.* Il se dégage de l'oxygène et l'on obtient un résidu formé de chromate neutre de potasse et de sesquioxyde de chrome.

A l'aide de lavages à l'eau chaude, on sépare l'oxyde du chromate.

X. COBALT

OXYDE DE COBALT

On le prépare en chauffant le cobalt métallique au contact de l'air, ou mieux en versant de la potasse caustique dans la dissolution d'un sel de cobalt ; le précipité, lavé d'abord avec soin, est soumis ensuite à la calcination en vase clos.

Cet oxyde est de couleur gris cendré, il absorbe l'oxygène quand on le chauffe au contact de l'air et forme un oxyde intermédiaire qui peut être représenté par la formule Co^3O^4, correspondant à l'oxyde de fer magnétique.

L'oxyde de cobalt s'unit avec les alcalis et avec

les oxydes métalliques, et forme des sels colorés en rouge. Sa composition est exprimée par la formule Co O.

Lorsqu'on le chauffe au creuset d'argent avec de la potasse, on obtient un composé d'un beau bleu que l'eau détruit complètement.

L'ammoniaque et le carbonate d'ammoniaque le dissolvent en prenant une couleur d'un jaune rougeâtre.

L'oxyde de cobalt est certainement une des matières colorantes les plus anciennes et les plus répandues.

Sa belle couleur bleue persiste à la plus haute température des fours à porcelaine ; sa coloration est si puissante que la moindre trace suffit pour colorer des flux vitreux. Mais c'est aussi de tous les oxydes celui qui offre le moins de ressources pour les colorations.

En effet, il ne fournit, entre le bleu le plus foncé et le plus clair, que des tons nuancés dans des limites assez étroites.

En combinaison avec l'oxyde de zinc et d'alumine, il donne des bleus clairs, opaques, comme l'outremer, le lapis-lazuli et le bleu de ciel.

On ajoute souvent aux matières vitrifiables une très petite quantité d'oxyde de cobalt ; cet oxyde, par la coloration bleue qu'il communique au verre, y joue le même rôle que l'indigo ou l'outremer dont on se sert pour azurer le linge, en atténuant la coloration verdâtre du verre.

Il suffit de mélanger aux compositions vitrifiables ordinaires 0 gr. 200 d'oxyde de cobalt par 100 kilog. de sulfate de soude.

Sans avoir de coloration bleue, on peut atténuer ainsi la teinte verdâtre et obtenir une teinte neutre qui est certainement moins décomposée après une année d'exposition aux rayons directs du soleil que le verre de fabrication ordinaire ; mais cet effet ne se produit pas toujours régulièrement dans toute la masse, ce qui présente des inconvénients pour les pièces volumineuses.

La principale application de l'oxyde de cobalt est la fabrication du *smalt*, sorte de verre bleu qu'on obtient au moyen du minerai de cobalt, combinaison de ce métal avec l'arsenic et le soufre, et qui contient en outre une certaine proportion de nickel. A cet effet, on commence par griller l'arsénio-sulfure de cobalt naturel, afin d'en séparer la majeure partie de l'arsenic par volatilisation.

Le résidu provenant de ce grillage est mélangé d'une manière intime avec du sable blanc et du carbonate de potasse, puis fondu. Il se dépose au fond du creuset une matière d'apparence métallique désignée sous le nom de *speiss*, qui est un composé d'arséniures de nickel et de fer.

Ce produit est surnagé par une matière vitreuse de couleur bleue. On bocarde ce verre après refroidissement, puis on le broie entre deux meules, après quoi l'on met en suspension dans l'eau la poussière qui en résulte ; suivant le temps plus ou moins long que la matière reste en suspension, on obtient une poudre plus ou moins fine, présentant une couleur bleue, d'autant plus claire qu'elle est plus ténue.

ALUMINATE DE COBALT

On obtient pour la peinture sur verre et sur porcelaine, un oxyde bleu très estimé dont le ton équivaut à celui de l'outremer naturel, en broyant ensemble sur une glace, et calcinant au rouge blanc, un mélange de 3 parties d'hydrate d'alumine et de 1 partie d'oxyde de cobalt, ou bien encore en dissolvant dans l'acide azotique le même mélange, évaporant à sec et chauffant dans un creuset de terre jusqu'à complète décomposition des azotates formés.

XI. CUIVRE

Soumis à l'action d'une température très élevée, le cuivre émet des vapeurs qui donnent à la flamme une belle couleur verte. Néanmoins, lorsqu'on maintient ce métal pendant plusieurs heures dans un four de verrerie, il ne perd qu'une fraction très faible de son poids.

Le cuivre soumis à l'action de l'air ou de l'oxygène secs, à la température ordinaire, n'éprouve aucune modification. Si l'on élève la température jusqu'au rouge, il se recouvre d'abord d'une couche d'un rouge violacé fort riche, et finit par se transformer en une matière noire, qui n'est autre chose que du protoxyde de cuivre anhydre ($Cu\,O$).

L'oxydule de cuivre ($Cu^2\,O$), que l'on trouve dans la nature, tantôt sous forme de masses d'un beau rouge, douées quelquefois de l'éclat vitreux, tantôt sous forme de beaux cristaux rouges, ou qui s'obtient artificiellement, donne aux flux vitreux une belle couleur rouge rubis.

L'oxydule de cuivre, ou sous-oxyde, s'obtient arti-

ficiellement par plusieurs procédés. D'après *M. Malaguti*, on fait fondre ensemble, à une douce chaleur, 100 parties de sulfate de cuivre et 57 parties de carbonate de soude cristallisé ; on pulvérise la masse solidifiée et l'on y mêle 25 parties de limaille de cuivre ; on entasse le mélange dans des creusets qu'on chauffe au rouge blanc pendant vingt minutes. On pulvérise la matière refroidie, puis on la lave. Le résidu est d'un rouge d'autant plus beau qu'il est plus divisé et plus lavé.

On obtient l'oxydule de cuivre hydraté, en précipitant par la potasse une dissolution de chlorure de cuivre. Il se précipite sous forme d'une poudre jaune qui absorbe promptement l'oxygène de l'air. Il se dissout dans l'ammoniaque sans colorer la liqueur, mais par suite de l'absorption de l'oxygène de l'air, elle prend une belle couleur bleue.

Lorsqu'on chauffe avec des acides concentrés le verre rouge donné par l'oxydule de cuivre, il se décompose ordinairement en protoxyde de cuivre, qui se dissout, et en cuivre métallique qui se sépare.

Le protoxyde ou oxydule de cuivre (CuO) se prépare facilement à l'état pur en dissolvant le cuivre dans l'acide nitrique, et après avoir fait évaporer la dissolution jusqu'à siccité, en calcinant le résidu fortement dans un creuset. On l'obtient ainsi sous la forme d'une poudre noire sans éclat, difficilement fusible, facilement réductible par l'hydrogène et le carbone.

Lorsqu'on verse de la potasse caustique dans la dissolution d'un sel de cuivre, il se forme un précipité bleu-gris, qui est un hydrate de protoxyde ($CuO + H^2O$). Cet hydrate perd facilement son eau

par la chaleur : il suffit de faire [illegible] dans laquelle on l'a précipité pour [illegible] en poudre noire d'oxyde anhydre. L'hydrate de protoxyde de cuivre se dissout dans l'ammoniaque et donne une dissolution d'[illegible] pourpré, qu'on appelle *eau céleste*.

XII. ÉTAIN

Le *bioxyde d'étain* [illegible] spécialement employé dans la fabrication [illegible] et de certains verres opaques. [illegible] blanc qui ne se dissout pas dans les [illegible] treuses ; il y reste en [illegible] les rend opaques ; [illegible] l'*émail blanc*. La calcination de l'étain se fait dans ce cas toujours avec le plomb [illegible] bère qu'on nomme fournette.

Pour préparer la *calcine*, on fait fondre d'abord la quantité de plomb qu'on veut oxyder, et quand il est bien fondu, on y jette fragment par fragment l'étain qu'on a pesé préalablement. Le mélange, agité sans cesse, s'oxyde et se transforme en une masse pulvérulente ou spongieuse d'un blanc jaune sale.

On emploie cette calcine en [illegible] des proportions déterminées de silice et d'alcalis, et en faisant fritter ou fondre ces matières ensemble.

Le *protochlorure d'étain* ($SnCl^2$) a pour propriété caractéristique un pouvoir réducteur considérable : il ramène à l'état de protoxyde les peroxydes métalliques, il ramène même des sels de mercure et d'argent à l'état métallique. C'est en vertu de cette propriété des sels d'étain qu'ils sont employés dans la préparation du pourpre de Cassius.

Pour obtenir le protochlorure, on dissout l'étain dans l'acide chlorhydrique concentré. On fait cristalliser en évaporant à sec.

L'action de l'eau sur le protochlorure d'étain est remarquable : traité par une petite quantité de ce liquide, il se dissout; mais avec un excès d'eau la liqueur se trouble et le dépôt qui se forme est un oxychlorure d'étain ($SnCl^2 + SnO$).

XIII. FER

Le fer, qui se rencontre en proportion plus ou moins forte dans les matières vitrifiables, est l'agent principal de la coloration du verre à glaces.

Pelouze a démontré que c'est l'oxyde de fer au minimum d'oxydation qui donne à la pâte la teinte verte ou vert bleuâtre très visible sous une certaine épaisseur, même dans les verres à base de soude et de chaux réputés les plus blancs.

Malheureusement, le travail des fours ne permet pas de ramener régulièrement le fer de la composition au maximum d'oxydation et, d'autre part, les tentatives faites pour purifier artificiellement le sable, le calcaire ou le sulfate de soude n'ont pas abouti jusqu'ici à un résultat économiquement acceptable.

L'emploi des oxydes dits décolorants (savon des verriers) doit être proscrit, car il ne donne que des résultats irréguliers, et les produits obtenus changent désagréablement de couleur au bout d'une exposition plus ou moins longue à la lumière.

Un kilogramme de composition vitrifiable pour verre blanc au sulfate de soude renferme en moyenne 1 gr. 5 d'oxyde de fer.

C'est le sable qui apporte la plus forte proportion de fer dans le mélange. Il importe donc de le bien choisir, et la France possède, à ce point de vue, les gisements les plus renommés.

Il y a quelques années, on se contentait de doser, pour le sable, le fer soluble dans l'acide chlorhydrique chaud.

M. Henrivaux, chimiste et directeur de la Glacerie de Saint-Gobain, a montré que cette méthode ne révélait que la proportion souvent la plus faible du fer contenu dans le sable, celle qui forme gangue en quelque sorte. Depuis, les analyses ont été modifiées de manière à doser le fer soluble et le fer combiné à la silice.

Les *oxydes de fer* jouent un rôle très important dans les colorants. Seuls ou mélangés avec d'autres oxydes, ils produisent une très grande quantité de couleurs vitrifiables.

Dans les fondants alcalins, le fer colore en vert et en vert-bleu. Dans les fondants plombeux, il colore en jaune et en brun.

Quand on laisse refroidir lentement, au contact de l'air, une grosse barre de fer rougie au feu, sa surface s'oxyde ; il se forme une pellicule noire, qui se détache sous le marteau, et qu'on appelle *battiture de fer*. On en produit aussi en frappant à coups de marteau sur du fer au rouge blanc. Les battitures sont du *protoxyde de fer* FeO, impur. On obtient du protoxyde de fer hydraté en versant une dissolution de potasse caustique dans un sel de protoxyde de fer ; il se forme un précipité blanc qui verdit promptement au contact de l'air, en absorbant de l'oxygène.

Le protoxyde de fer colore les fondants en vert foncé.

Le *peroxyde de fer* (Fe^2O^3) est l'une des substances les plus importantes dans la préparation des couleurs vitrifiables. Seul, il donne du rouge dont la teinte est variable depuis le rouge orangé jusqu'au brun violâtre, en passant par une foule de nuances intermédiaires, rouge clair, carminé, laqueux ; avec l'oxyde de manganèse, il forme un gris foncé ; avec l'oxyde de cobalt, il donne des noirs variables, du gris-noir au noir pur ; avec l'alumine, il donne du jaune orangé ; avec l'oxyde de zinc, il fournit du brun-jaune. Il entre essentiellement dans la composition des jaunes dont il permet de varier l'intensité, et auxquels il communique la propriété précieuse de pouvoir se mélanger à d'autres nuances sans les faire disparaître entièrement, ni même les altérer.

XIV. MANGANÈSE

Le peroxyde de manganèse a la propriété de colorer le verre en bleu violacé, et est employé par les verriers, à faible dose, pour blanchir le verre, la nuance bleue du manganèse masquant la teinte jaune due aux matières vitrifiables impures. On l'a appelé pour cette raison *savon des verriers*.

L'emploi de cette substance présente l'inconvénient suivant : les verres décolorés par le manganèse prennent une coloration rose ou violette lorsqu'ils ont été longtemps exposés à la lumière solaire. Il est préférable d'éviter ce fâcheux résultat en n'employant comme matières premières que des substances pures et en supprimant l'addition de manganèse.

Comme matière colorante, les sels de ce métal sont très puissants et d'un emploi facile. Voici un procédé rapide pour obtenir un oxyde de manganèse à peu près pur.

On chauffe doucement du minerai de manganèse (peroxyde), préalablement trituré, avec de l'acide chlorhydrique. Il se dégage du chlore, la dissolution s'opère. Quand tout dégagement gazeux a cessé, on ajoute de l'eau en grande quantité. On décante la liqueur claire, puis on y verse peu à peu une dissolution d'ammoniaque ou de potasse également étendue d'eau, puis on agite sans cesse. On abandonne à lui-même le précipité pendant quelque temps, puis on le lave à grande eau, on le sépare enfin, soit par filtration, soit par décantation. On le fait sécher et calciner.

Dans ces conditions, on a l'oxyde rouge de manganèse qui contient du protoxyde et du sesquioxyde de manganèse. Les acides puissants le dissolvent complètement quand ils sont concentrés : étendus, ils le dissolvent à chaud. L'acide azotique affaibli ne dissout que le protoxyde de manganèse ; le sesquioxyde reste pour résidu.

XV. NICKEL

Comme métal le nickel a la plus grande analogie avec le cobalt. Ils s'accompagnent presque toujours l'un et l'autre dans leurs minerais.

On fait usage du nickel, à l'état d'oxyde, dans la préparation de quelques couleurs. Le protoxyde de nickel s'obtient en précipitant une dissolution de nickel par la potasse caustique ; à l'état d'hydrate,

il présente une coloration vert pomme ; anhydre, il est gris cendré.

XVI. OR

L'or pur donne de la dorure jaune ; en alliage avec l'argent, il donne l'*or vert* ; avec le cuivre, il donne l'*or rouge*. L'or sert à colorer le verre en rouge rubis.

L'oxygène n'exerce d'action sur l'or à aucune température.

L'acide sulfhydrique ne le ternit pas. L'acide sulfurique, l'acide azotique et l'acide chlorhydrique ne lui font subir aucune altération ; ces deux derniers acides réunis pour former l'eau régale le dissolvent très facilement et donnent naissance à du sesquichlorure d'or.

Si l'on ajoute à l'acide chlorhydrique une substance qui soit susceptible de lui faire abandonner du chlore, telle que le bioxyde de manganèse, le peroxyde de plomb, l'acide chromique, etc., l'or se dissout. Le chlore et le brome l'attaquent rapidement même à froid ; l'iode n'agit sur lui que très faiblement.

Les alcalis caustiques ne l'attaquent pas, même sous l'influence d'une température élevée, pourvu que l'oxygène n'intervienne pas ; dans ce cas, il se forme un aurate.

L'or employé pour la décoration du verre ne doit point contenir de cuivre. Celui-ci, en s'oxydant au feu, retirerait tout le mérite que l'or tire de son éclat, de sa couleur, de son inaltérabilité.

On peut retirer l'or à l'état de pureté des monnaies ou des bijoux ; on les dissout dans l'eau régale, puis

on concentre la liqueur pour enlever l'excès d'acide. L'argent forme du chlorure d'argent qu'on sépare par lévigation ; on étend d'eau le chlorure d'or et celui de cuivre qui restent mêlés, et qu'on sépare au moyen de sulfate de protoxyde de fer. L'or se précipite alors sous forme d'une poudre brune qu'on laisse déposer : on décante le liquide surnageant formé de perchlorure de fer et d'un excès de sulfate de protoxyde du même métal. On lave à l'eau froide à plusieurs reprises ; il se dépose, au sein des dernières eaux de lavage, de l'hydrate de peroxyde de fer qui se mélange avec l'eau et qu'il faut éliminer : on y parvient par un dernier lavage à l'eau bouillante additionnée d'acide chlorhydrique. On lave encore à l'eau bouillante tant que l'eau reste acide.

Il est indispensable de faire sécher la poudre d'or au-dessous de 100 degrés pour éviter que le métal ne se lamine sous l'action de la molette, qui doit le réduire en poudre assez fine pour qu'on puisse le mettre au pinceau sur les pièces à décorer.

Lorsqu'on emploie la couperose verte pour précipiter l'or, ce métal est en poudre dense qui donne une dorure solide. Lorsqu'on veut obtenir une dorure plus légère, on remplace le sulfate de protoxyde de fer par le nitrate d'oxydule de mercure, qui laisse un dépôt d'or métallique, volumineux et plus brun que l'or précipité par la couperose. C'est de cet or, dit *au mercure*, que le commerce fait principalement usage pour la dorure des porcelaines, faïences, verres et cristaux.

POURPRE DE CASSIUS

Lorsqu'on verse dans une dissolution étendue de chlorure d'or une dissolution renfermant des équiva-

lents égaux de bichlorure et de tétrachlorure d'étain, il se forme un précipité de couleur pourprée plus ou moins riche, observé pour la première fois par *Cassius*, chimiste de Leyde, en 1663 ; de là le nom sous lequel on le désigne.

On peut faire usage de recettes variées pour la préparation de cette substance, qu'on emploie avec avantage pour la décoration des verres et des poteries.

Le procédé le plus souvent employé consiste à mélanger une solution de chlorure d'or et de sesquichlorure d'étain.

Un autre procédé donnant les meilleurs résultats, suivant M. Bolley, est le suivant : on fait digérer 10,7 parties de perchlorure d'étain ammoniacal avec de l'étain, jusqu'à ce que celui-ci soit dissous, on ajoute 18 parties d'eau, on étend d'autre part la solution d'or avec 36 parties d'eau et on mélange les deux liquides.

CHAPITRE XXXVII

COMBUSTIBLES

SOMMAIRE. — I. Bois. — II. Houille. — III. Anthracite.
IV. Combustibles gazeux.

I. BOIS

Le bois vert contient, en moyenne, 40 p. 0/0 d'eau; après un an de coupe, le bois en retient encore en moyenne 25 p. 0/0. Cette eau est évidemment nuisible à la combustion; elle demande une grande quantité de chaleur pour passer à l'état de vapeur (1). Le bois desséché à 100 degrés et exposé de nouveau à l'air, à la température ordinaire, reprend de 8 à 12 pour 100 d'eau. Ce fait est commun à tous les corps poreux.

Le tableau suivant présente la quantité de chaleur donnée par un stère de bois de plusieurs espèces.

Au moyen de ce tableau, il est facile de se rendre compte de la valeur de chaque espèce de bois, soit qu'on l'achète à la mesure ou au poids : ainsi, l'on voit que le chêne donne pour un stère, le plus grand nombre de calories, tandis que le pin en donne le moins; mais que, au poids, le pin a l'avantage sur le chêne.

(1) Dans plusieurs usines, on fait sécher le bois avant de l'employer.

NATURE DU BOIS	DENSITÉ	POIDS DU STÈRE de BOIS SEC	PUISSANCE CALORIFIQUE	
			D'UN STÈRE	D'UN KILOG.
		kilogr.	calories	
Chêne à glands sessiles (quartiers)	0.872	380	1.614.319	4.248
Chêne, deux variétés (quartiers)	»	371	1.576.101	4.248
Chêne à glands pédonculaires (quartiers)	0.808	359	1.525.225	4.248
Bouleau (quartiers)	»	338	1.516.271	4.486
Bouleau (quartiers et rondins mêlés)	»	332	1.489.190	4.485
Sapin (quartiers et rondins mêlés de brins)	»	312	1.386.376	4.123
Chêne (quartiers et rondins mêlés de brins)	»	317	1.346.772	4.248
Sapin (rondinage provenant de branches)	0.493	287	1.275.068	4.443
Pin (rondinage provenant de brins)	»	283	1.260 600	4.454
Pin (rondinage provenant de branches)	»	281	1.251.581	4.454
Sapin (quartiers)	»	277	1.230.800	4.443
Bouleau (rondinage provenant de branches)	0.812	269	1.206.536	4.485
Tremble (quartiers et rondins mêlés)	»	273	1.176.858	4.310
Chêne (rondinage et branches)	»	277	1.176.671	4.310
Pin (bois de quartiers)	0.559	256	1.140.375	4.454

Il résulte de ce tableau qu'on peut prendre, pour moyenne du pouvoir calorifique du bois, 4,370 calories (1).

Quoique la composition des bois soit variable, les différences ne sont pas assez sensibles pour y avoir égard dans l'industrie et nous la considérerons comme constante. Les résultats des analyses des espèces de bois mentionnées dans le tableau précédent, et préalablement desséchés à 140 degrés, ont donné, en moyenne :

Carbone	50,08
Hydrogène	6,15
Azote	0,92
Oxygène	41,85
Cendres	1,00
	100,00

Cendres. — Tout le monde sait que quand on brûle du bois, il reste des cendres pour résidu. Les feuilles et l'écorce du bois donnent plus de cendres que les branches, et ces dernières plus que le tronc. Les cendres contiennent des sels alcalins solubles, formés de potasse et de soude combinées avec les acides carbonique, sulfurique et chlorhydrique, et des matières insolubles, qui sont des carbonates et des phosphates terreux de magnésie et de manganèse ; quelquefois les cendres sont siliceuses (2).

(1) On nomme *calorie* l'unité de chaleur. C'est la quantité de chaleur nécessaire pour élever la température de 1 kilogramme d'eau de 1° Centigrade.

La *puissance calorifique* d'un combustible est la quantité de chaleur totale que dégage la combustion complète d'un kilogramme de ce combustible.

(2) Les cendres renferment :
15 à 25 0/0 d'alcalis ;
45 à 70 0/0 de terres.

La proportion de cendres est toujours minime. Le chêne, le bouleau, le sapin, le pin, n'en donnent que 4 millièmes, le tremble 6 millièmes.

II. HOUILLE

Il y a plusieurs variétés de houille ; ce sont, par ordre d'ancienneté de leur formation géologique :

1° Les houilles maigres à longue flamme (ou sèches);

2° Les houilles grasses à longue flamme (ou à gaz);

3° Les houilles grasses maréchales (ou de forge) ;

4° Les houilles demi-grasses à courte flamme (ou à coke) ;

5° Les houilles maigres à courte flamme (ou anthraciteuses).

Leur composition varie entre les limites suivantes :

Carbone.	75,0 à 93 0/0
Hydrogène.	4,5 à 6
Oxygène	4,0 à 17

La houille contient en outre 1 à 2 p. 0/0 d'azote, qui donne naissance à des composés ammoniacaux. Elle contient aussi 1 à 3 p. 0/0 de soufre.

La proportion de cendres est très variable et va jusqu'à 15 et 20 p. 0/0. Elles sont formées principalement de silice, d'alumine, d'oxyde de fer, parfois d'acide phosphorique.

Les cendres blanches, infusibles, passent à travers les barreaux des grilles et ne gênent pas beaucoup la combustion. Les cendres très fusibles, chargées de fer et de chaux, ne gênent pas non plus, mais les cendres roses donnent des *mâchefers* qui se collent aux grilles et qui sont un embarras sérieux pour la conduite du feu.

PROVENANCE DE LA HOUILLE	DENSITÉ	CARBONE	HYDROGÈNE	OXYGÈNE ET AZOTE	CENDRES	CALORIES
Houille sèche à longue flamme						
Blanzy	1,3[illegible]	75.[illegible]	5.[illegible]	17.00	[illegible]	[illegible]
Noroy	1,410	69.41	4.30	14.0[illegible]	10.[illegible]	"
Houille grasse à longue flamme						
Flenu de Mons 1	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	
Flenu de Mons 2	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	
Rive de [illegible] (Cimetière) 1	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	
Idem 2	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	
Rive de [illegible] 1	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	
Idem 2	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]						
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	
[illegible]						
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	

La qualité des houilles diminue lorsqu'elles sont exposées longtemps à l'air ; il se produit une oxydation lente qui diminue la puissance calorifique.

Quelquefois même les tas de houille s'échauffent et s'enflamment spontanément. On doit y veiller avec soin dans les fabriques.

L'hectolitre de houille du Nord pèse de 80 à 90 kilogrammes ; le mélange de gros et de menus morceaux, 80 kilogrammes ; la houille grêle, sans mélange de menu, 65 à 66 kilogrammes seulement. Les houilles du Midi pèsent un peu plus.

Plus il y a d'hydrogène en excès sur l'oxygène, plus la houille est collante. Lorsque cette quantité est très considérable, les produits volatils que donne la distillation sont abondants, et la combinaison du combustible avec l'oxygène de l'air est rapide ; la combustion est vive ; la flamme est longue.

Les houilles grasses à longues flammes conviennent bien mieux que les houilles sèches pour la cuisson dans des fours à haute température ; en général, elles conviennent aux fours à réverbère, lorsque la température doit être élevée. Les houilles maigres ou les houilles sèches à longues flammes sont bonnes pour les chaudières à vapeur.

III. ANTHRACITE

Les anthracites changent à peine d'aspect par la calcination ; leurs fragments conservent leurs arêtes vives et ne se collent pas les uns aux autres. Ils brûlent difficilement, avec une flamme faible, mais ils sont susceptibles de développer une chaleur énorme quand leur combustion est opérée dans des circons-

tances convenables. Ils se réduisent souvent en menu sous l'influence de la chaleur, ce qui est un des plus grands obstacles à leur emploi. On les utilise principalement dans la cuisson des briques.

Les anthracites renferment une plus grande quantité de carbone que les autres combustibles minéraux. On voit, par l'analyse suivante de trois variétés d'anthracites, que l'hydrogène et l'oxygène s'y trouvent en moins grande proportion que dans les houilles et les lignites :

LIEUX d'où proviennent les ANTHRACITES	DENSITÉ	CARBONE	HYDROGÈNE	OXYGÈNE ET AZOTE	CENDRES	CALORIES
Pensylvanie. . . .	1.462	89.21	2.43	3.69	4.67	»
Pays de Galles. . .	1.348	91.29	3.33	4.80	1.58	7300
Lamure.	1.362	88.54	1.67	5.22	4.57	6800

IV. COMBUSTIBLES GAZEUX

On a tenté avec succès d'appliquer les gaz combustibles à la fusion du verre.

Le brevet pris pour cette application par MM. Siemens frères, le 2 décembre 1856, est le premier qui ait été suivi de résultats industriels.

On a depuis modifié la forme des appareils, mais leur principe a été conservé. Il consiste à transformer d'une manière économique les combustibles solides en gaz combustibles, et à brûler ceux-ci dans des

fours appropriés, à l'aide d'un courant d'air préalablement chauffé.

Les gaz combustibles peuvent être fabriqués par différents procédés :

1° Par distillation de la houille. Tel est le *gaz d'éclairage*. Sa puissance calorique est :

11500 calories par kilogramme
soit 6000 calories par mètre cube.

2° Par *combustion incomplète* par l'air. C'est le *gaz à l'air* obtenu en brûlant de la houille sous une épaisseur de 0m40 à 0m60 dans un foyer spécial.

Sa puissance calorifique est faible, et très variable. Elle atteint :

800 à 900 calories par kilogramme
ou 1000 calories par mètre cube.

3° Par *décomposition de l'eau* dans un foyer à anthracite ou à coke. C'est le *gaz à l'eau*.

Il contient parties égales d'oxyde de carbone et d'hydrogène et un peu d'acide carbonique.

Puissance calorifique :

4000 calories par kilogramme
ou 2500 à 2800 calories par mètre cube.

4° Par l'emploi des *gazogènes*. Le gaz de gazogène est un mélange des trois gaz précédents. Il est obtenu, en effet, par la distillation de la houille, en présence de l'air et de l'eau.

La puissance calorifique est environ de :

1000 à 1200 calories par kilogramme
ou 1250 à 1500 calories par mètre cube.

GAZOGÈNES

Un gazogène est un foyer d'un genre particulier dans lequel les combustibles solides sont transformés,

par distillation et combustion partielle, en combus-ibles gazeux. Cette transformation, quand elle s'ef-ectue dans un gazogène bien construit et en bonne llure, a pour effet de fournir aux appareils qu'il 'agit de chauffer un courant continu de gaz com-ustible dont l'ouvrier règle le débit suivant ses be-oins.

Ce gaz, à son arrivée dans le four à chauffer, est nélangé avec de l'air au moyen de brûleurs conve-ablement disposés, et la combustion a lieu *à l'endroit nême où la chaleur doit être utilisée*. Ce fait est très nportant et doit être signalé comme une des causes u succès des gazogènes.

La conduite d'un four à gaz se réduit dès lors à la nanœuvre intelligente de trois registres.

Le premier règle l'arrivée du gaz ; le second, celle e l'air; le troisième, le départ des produits de la ombustion.

Il faut toujours que le gaz et l'air arrivent dans le our avec une certaine pression, de telle sorte qu'il e soit pas nécessaire de les y appeler par l'aspira-ion de la cheminée, qui n'est plus qu'un évacua-eur.

Si l'on ne veut que chauffer, on règle les propor-ions d'air et de gaz pour que la combustion soit omplète.

Si l'on veut produire une flamme réductrice, on net un peu de gaz en excès. Si l'on veut faire une amme oxydante, c'est l'air qui doit être en excès.

Avec le chauffage au gaz, il suffit de fermer un eu le registre de la cheminée pour maintenir dans four la même pressio[illegible] dehors, sans aucune ntrée d'air.

On peut ainsi travailler aussi longtemps que l'on veut avec des portes ouvertes sans modifier la composition chimique de la flamme.

D'autre part, l'emploi du gaz comme combustible permet de répartir les flammes également dans l'espace entier du four.

On fera arriver le gaz et l'air en lames épaisses parallèles et animées de vitesses égales; la forme et la disposition des brûleurs doivent être étudiées avec le plus grand soin, et l'ouvrier devra manœuvrer ses registres avec précaution et intelligence.

Il y a plusieurs façons de conduire les gazogènes.

Quand il ne s'agit pas de produire des températures très élevées, on les mène en allure lente ; ils fonctionnent alors pour ainsi dire tout seuls. L'allure lente peut permettre l'obtention des températures élevées lorsque les gaz sont préalablement chauffés dans des régénérateurs.

La marche en allure vive nécessite plus de soins et une construction différente pour permettre à l'ouvrier d'être maître dans une certaine mesure de la composition et de la température des gaz combustibles.

Pour tirer des gazogènes tout le parti possible, il est nécessaire qu'ils soient disposés en vue de la nature des houilles que l'on doit y brûler. L'expérience seule peut servir de guide à cet égard.

En tous cas, les conditions générales à remplir sont les suivantes :

Le combustible, chargé par la porte supérieure, doit descendre régulièrement; il ne doit pas être resserré pendant la distillation, afin qu'il ne se forme pas de cavités dans la masse qui doit cependant être toujours perméable à l'air.

Le décrassage en marche doit être facile et doit s'effectuer sans déranger l'allure de la combustion.

Il faut réduire au minimum les collages contre les parois, et la température de la masse incandescente doit être comprise entre certaines limites qui dépendent un peu de la nature du combustible et surtout de la composition que l'on veut donner aux gaz combustibles.

La question de l'allure à donner aux gazogènes est assez importante; il est nécessaire d'entrer à ce sujet dans quelques détails.

Composition des gaz. — Les gaz des gazogènes peuvent être considérés comme un mélange d'hydrocarbures et d'hydrogène provenant des matières volatiles de la houille, d'acide carbonique provenant de la combustion du carbone sur la grille, d'oxyde de carbone résultant de la dissociation qu'éprouve l'acide carbonique en traversant la couche épaisse de combustible incandescent, et enfin d'azote.

La proportion des hydrocarbures dépend surtout de la nature de la houille employée, et leur composition varie avec la température de la masse.

L'hydrogène libre provient en grande partie de la vapeur d'eau qui traverse le foyer.

La quantité d'azote est indépendante de la nature du combustible et de la marche de l'appareil, mais les proportions relatives d'acide carbonique et d'oxyde de carbone dépendent en partie de la construction de l'appareil et surtout de la manière dont on le conduit.

Théorie du gazogène. — On peut la résumer de la façon suivante :

Tout l'oxygène de l'air commence par se transformer en acide carbonique en traversant la première couche de charbon cokéfié qui repose sur la grille.

Si la combustion est vive, cet acide carbonique, porté à haute température en s'élevant au travers de la couche poreuse de coke incandescent, est converti en oxyde de carbone, et la transformation peut s'opérer d'une manière presque complète si la couche est assez épaisse.

Le refroidissement produit par la dissociation est considérable, puisque pour chaque kilogramme de carbone passant de l'état d'acide carbonique à l'état d'oxyde il y a 3134 calories absorbées.

Cet oxyde de carbone doit en outre, en arrivant à la partie supérieure de la couche de combustible, opérer la distillation de la houille, ce qui occasionne un nouvel abaissement de sa température.

En fait, quand l'appareil est construit ou conduit pour opérer la transformation aussi complète que possible de l'acide carbonique en oxyde de carbone, la température des gaz sortants ne dépasse pas 600 à 700 degrés, soit le rouge sombre.

C'est ce que l'on appelle marcher en basse température ou en allure lente.

Allure chaude. — Quand au contraire les gaz sortant du gazogène possèdent une température plus élevée, 800, 900 et même 1000 degrés, on appelle cela marcher en allure chaude.

Pour obtenir ce résultat, il ne faut pas refroidir autant le gaz et pour cela ne pas opérer aussi complètement la transformation de l'acide carbonique. On a ainsi un gaz moins riche en oxyde de carbone, mais beaucoup plus chaud.

En général, quand on marche en allure chaude, on ne s'attache pas à avoir une composition de gaz toujours constante, et à certains moments on rend tout à coup le gaz plus riche en combustible en faisant une forte charge de houille, ou plusieurs petites charges répétées.

Cette houille fraîche tombant dans un milieu très chaud, distille rapidement et fournit du gaz d'éclairage, qui ajoute momentanément de la puissance calorique.

On peut par ce moyen donner un coup de feu s'il est nécessaire.

La marche en allure chaude est plus délicate que celle en allure lente; elle exige de la part des ouvriers une surveillance pour ainsi dire constante.

Analyse des gaz. — Un gazogène étant en marche, il est nécessaire de pouvoir à tout moment contrôler la production du gaz et sa richesse.

Les praticiens ont, à cet égard, plusieurs points de repère, tels par exemple que l'aspect de la grille, la pression plus ou moins forte dans le gazogène ou dans les conduits de gaz, la couleur de la surface du combustible incandescent, celle du gaz non allumé et celle de la flamme qu'il produit en brûlant.

Tous ces indices sont précieux, et la plupart du temps ceux qui conduisent les gazogènes n'en ont pas besoin d'autres. Toutefois il existe des moyens exacts de suivre et de contrôler la marche des appareils, et en première ligne il faut citer l'analyse des gaz.

Tous les industriels connaissent aujourd'hui l'appareil imaginé par *M. Orsat*, pour faire en quelques minutes l'analyse industrielle des gaz des foyers.

Au moyen d'un aspirateur, on remplit du gaz à analyser une cloche de 100 centimètres cubes ; puis on envoie successivement ce gaz dans trois éprouvettes contenant : la première, une dissolution de potasse caustique; la seconde, du pyrogallate de potasse, et la troisième du protochlorure de cuivre.

La première dissolution absorbe l'acide carbonique, la seconde l'oxygène, et la troisième l'oxyde de carbone. Chaque fois que l'on a absorbé un gaz, la diminution de volume en indique la quantité. Il reste, à la fin, de l'azote et les carbures d'hydrogène. On peut ainsi, en deux minutes, faire une analyse quantitative qui fournit des renseignements précieux pour la conduite des foyers.

CHAPITRE XXXVIII

MOYENS D'APPRÉCIER LA TEMPÉRATURE DANS LES FOURS

SOMMAIRE. — I. Procédés pyrométriques. — II. Lunette polarimétrique de MM. Mesuré et Nouël. — III. Pyromètre pneumatique de Ueling et Steinbart.

I. PROCÉDÉS PYROMÉTRIQUES

Dans la conduite des fours de verrerie, il faut une grande habitude pour apprécier la marche du feu, son ralentissement ou son accélération. On juge du tirage au feu des cheminées et des carneaux, à la longueur de la flamme, à sa couleur plus ou moins

bleuâtre, à sa fuliginosité. Une flamme longue et bleuâtre indique un manque d'air, une flamme jaunâtre et courte indique un excès d'air.

On apprécie facilement, quand on est un peu expérimenté, la température par l'état d'incandescence.

Le tableau suivant, dû à *M. Pouillet*, donne des appréciations très rapprochées des degrés de chaleur :

Couleurs du platine	Température	Fusion des métaux
Rouge naissant . . .	423	Zinc.
Id. . . .	525	
Rouge sombre . . .	700	
Cerise naissant . . .	800	
Cerise	900	Bronze.
Cerise clair	1000	Argent pur.
Id.	1050	Fonte blanche.
Orangé foncé. . . .	1100	Fonte grise.
Orangé clair	1200	Id. 2e fusion
Id.	1250	Or pur.
Blanc naissant . . .	1300	Acier très fusible.
Blanc éclatant . . .	1400	Acier moins fusible.
Blanc éblouissant. .	1500	Fer doux français.
Id. . .	1600	Fer martelé anglais.

Les procédés pyrométriques qui ont eu quelque application industrielle, sont basés sur la dilatation des solides ou des gaz, sur la contraction des argiles, sur les variations dans la résistance à la transmission de l'électricité, sur la dissociation, sur l'élévation de la température qu'éprouve un liquide circulant d'une façon constante dans un appareil placé dans le four, sur le point de fusion d'alliages ou de matières vitrifiables, borosilicates ou silicates.

L'emploi des appareils basés sur la dilatation des solides présente l'inconvénient suivant : les solides soumis à de hautes températures éprouvent peu à peu des transformations dans leur texture qui modifient leur mode de dilatation et faussent les indications de l'appareil ; ces pyromètres sont donc rapidement mis hors d'usage.

Si l'on cherche à utiliser la dilatation des gaz pour la mesure de très hautes températures, on ne trouve plus de matière convenable pour emprisonner, sans déperdition ou changement de volume, le gaz dont on doit mesurer le volume ou la pression : le platine devient poreux ; la porcelaine se ramollit si elle est soumise plusieurs fois à des températures élevées quoique insuffisantes pour la déformer ; elle change d'état, la couverte s'altère et elle devient perméable aux gaz.

Les mesures de températures basées sur la contraction de corps argileux (pyromètre *Wedgwood*), sont entachées d'erreur parce que, outre la difficulté de se procurer des argiles toujours identiques, on a constaté que cette contraction peut se produire par une température relativement basse mais prolongée, d'une façon aussi marquée que par une température élevée mais de courte durée.

Les pyromètres basés sur la variation de la conductibilité électrique due au changement de température, comme celui de *Siemens* ou d'autres savants, ont été l'objet à Sèvres de nombreuses expériences ; on a constaté que la conductibilité du platine soumis à de grandes variations de température change en même temps que la structure moléculaire du métal et les données qu'on obtient ne sont plus comparables au bout d'un certain temps.

Les pyromètres basés sur la dissociation du carbonate de chaux (*Lamy*) sont rapidement mis hors d'usage, tout l'acide carbonique dégagé n'étant plus réabsorbé par la chaux qui s'altère (sans doute en se silicatisant); du reste, ici aussi, comme pour le thermomètre à air on est arrêté par l'impossibilité d'avoir un récipient étanche et non déformable.

Nous arrivons maintenant au pyromètre à circulation d'eau et sur lequel il nous paraît utile d'entrer dans plus de détails ; ce pyromètre est un bon instrument, les causes de perturbation y sont peu nombreuses ; il faut bien entendu le remettre à chaque observation dans des conditions identiques de surface et jauger exactement l'eau débitée par minute : il est nécessaire aussi de tenir nette la surface soumise à l'action de la chaleur, la couche de suie qui se dépose sur l'appareil, lorsque la flamme est réductrice, en modifiant les indications.

Lorsque ces conditions sont bien observées, le pyromètre à circulation d'eau rend de très réels services. Son grand avantage, à notre avis, est de renseigner très rapidement sur les variations des températures aussi bien ascendantes que descendantes. Les inconvénients sont les suivants : il est un peu encombrant, il exige une installation un peu compliquée et une dépense d'eau assez forte, si on veut explorer plusieurs points du four en action.

Un procédé pyrométrique beaucoup plus simple et peut-être plus fidèle, consiste, suivant *M. Salvétat*, à disposer dans les divers endroits du four à étudier, des substances susceptibles de fondre, et à observer le moment où elles entrent en fusion ; si l'on connaît le point de fusion de ces substances, on sera renseigné

sur la température exacte atteinte à cet instant ; si on ne le connaît pas, on utilisera ces *montres* fusibles, non plus pour constater la température absolue atteinte, mais pour servir de régulateur de cuisson, et ultérieurement d'indicateur pour l'arrêt du four lorsqu'on aura par expérience établi que cet arrêt doit coïncider avec la fusion de telle ou telle substance ; bien entendu, ce procédé ne peut fournir d'indications que sur la marche ascendante ou sur le stationnement de la température. Si elle décroît, les montres fusibles n'indiquent plus rien.

II. LUNETTE POLARIMÉTRIQUE DE MM. MESURÉ ET NOUEL

La détermination pratique de la température des corps incandescents par l'appréciation de leur nuance lumineuse et en appliquant l'échelle de *Pouillet* est rapide, mais manque de précision, l'évaluation obtenue est variable pour divers observateurs ou pour le même observateur opérant à divers intervalles de temps et dans des ateliers différemment éclairés.

MM. Mesuré et *Nouel* ont cherché à écarter cet inconvénient en ramenant la détermination des nuances lumineuses à l'observation d'un phénomène susceptible d'une mesure numérique ; ils se sont servis, pour cela, des phénomènes de la polarisation rotatoire.

On sait que lorsqu'une lame de quartz, taillée perpendiculairement à l'axe optique, est placée entre deux prismes de Nicol dont les sections principales font un angle de 90°, un rayon de lumière monochromatique traversant le premier Nicol, dit *polari-*

seur. et [illegible]
n'est pas [illegible]
position de [illegible]
partie, l'a[illegible]
tinction. [illegible]
angle dé[illegible]
effet de [illegible]
polarisation.

D'un a[illegible]
un corps [illegible]
plus ou [illegible]
ture est [illegible]
dépasse pas [illegible]
visible et se [illegible]
la température [illegible]
ter peu à peu [illegible]
d'intensité. [illegible]
jaune, vert [illegible]

Si on exami[illegible]
reil formé de [illegible]
interposée, [illegible]
variant avec [illegible]
une rotation [illegible]
posée obtenue [illegible]
ture et que le passage [illegible]
fera pour un angle [illegible]
neuse observée.

En appliquant la lunette [illegible]
pératures développées [illegible]
giques, on trouve, en particulier [illegible]
vert au rouge se produit pour [illegible]
faible de l'analyseur. La teinte [illegible]
ce cas, par une nuance *citron sale*, qui est [illegible]

comme teinte de passage, et la rotation correspondante de l'analyseur définit la nuance lumineuse observée. La température a ainsi pour mesure le nombre de degrés dont on a fait tourner l'analyseur.

L'amplitude de rotation et la netteté de la teinte de passage dépendent de l'épaisseur de la lame de quartz. Une épaisseur de 10 à 12 millimètres a été trouvée convenable. Pour donner une idée de la variation d'angle correspondant à certaines températures, nous dirons que pour un quartz de 11 millimètres :

Le rouge-cerise correspond à l'angle de			40°
Le rouge-cerise clair	—	—	45°
L'orangé	—	—	52°
Le blanc	—	—	62°

L'usage de la lunette polarimétrique de MM. Mesuré et Nouël est entré, depuis plusieurs années, dans la pratique courante aux usines de St-Jacques, à Montluçon.

M. Ducretet, qui est chargé de la construction de cet appareil, a réalisé deux types de grandeurs différentes.

Le type le plus récent, de dimensions réduites, est représenté par la figure 239.

La monture de la lentille extrême est mobile pour permettre d'atteindre le diaphragme intérieur. La lunette est coupée en *j*, afin qu'on puisse enlever le quartz, vérifier et mettre la virole à l'extinction par rapport au zéro de la graduation. Les montures sont à vis et guides pour avoir un démontage parallèle et non concentrique, afin d'éviter un déréglage.

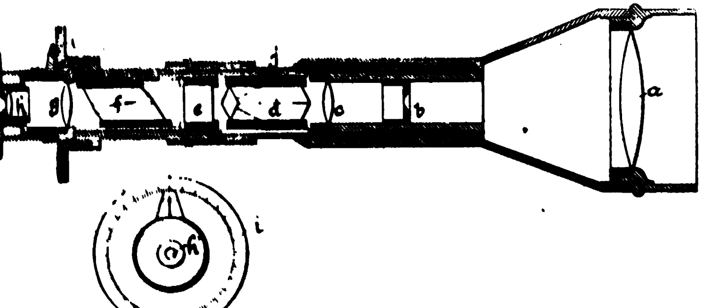


Fig. [illegible]. — Lunette polarimétrique.

Légende :

- *a* Objectif.
- *b* Diaphragme.
- *c* Lentille convergente.
- *d* Prisme polarisateur.
- *e* Quartz.
- *f* Prisme analyseur.
- *g* Lentille convergente.
- *h* Oculaire.
- *i* Disque gradué, qui fait corps avec la garniture du prisme polarisateur, et devant lequel se meut un index fixé à la garniture du prisme analyseur.
- *j* Graduation permettant de régler la distance de l'objectif *a* au diaphragme *b*.

La graduation gravée en j, suivant la longueur de la lunette que découvre le mouvement de l'objectif, à la façon d'un palmer, est établie pour des distances de l'objet visé à l'objectif, depuis l'infini jusqu'à 0m50 ; cette graduation est tracée d'après la formule connue :

$$\frac{1}{p}+\frac{1}{p'}=\frac{1}{f}.$$

III. PYROMÈTRE PNEUMATIQUE DE UELING ET STEINBART

Le principe de la construction de ce pyromètre (1) repose sur l'idée suivante :

Si un récipient fermé est garni de deux ouvertures égales, et qu'on le fasse traverser par un courant d'air régulier, survienne un état stationnaire, la différence de pression de chaque côté de l'orifice d'introduction sera la même qu'à l'orifice de sortie.

La perte de pression éprouvée par le courant d'air, en traversant l'espace fermé, se répartira également aux deux ouvertures. Chauffe-t-on maintenant l'orifice d'entrée et tient-on celui de sortie à une température constante, la répartition de la perte de pression ne sera plus dès lors égale, puisque, par le fait de sa température plus élevée, l'air introduit possède une masse moindre, et que, par conséquent, la pression intérieure du récipient doit en être modifiée.

Ce changement de pression peut ensuite servir pour mesurer la température à l'orifice d'entrée.

Dans l'instrument, l'espace traversé par le courant d'air est formé par un tube capillaire en platine ;

(1) *Dingler's polytechnisches Journal.*

près de chacune des deux extrémités fermées est pratiquée, latéralement, une petite ouverture d'un tiers de millimètre de diamètre.

Ce tube capillaire est entouré d'un tuyau de platine, mis en communication avec l'atmosphère extérieure par un filtre à air ; dans le tuyau, l'introduction d'air s'effectue au moyen d'un aspirateur, l'air traversant ensuite le tube capillaire après être rentré par la petite ouverture d'un tiers de millimètre.

Un régulateur de pression permet de rendre constante l'action de l'aspirateur.

Tandis qu'une extrémité du capillaire enveloppée du tuyau est soumise à la température cherchée, l'autre extrémité est soumise à la température constante de la vapeur d'eau bouillante ou de la glace fondante. Ainsi qu'il est déjà dit, cette extrémité possède également une fine ouverture par laquelle sort l'air qu'entraîne l'aspirateur. L'intérieur du capillaire est relié par un tube à un manomètre à eau, sur l'échelle duquel on peut lire directement les températures mesurées. En outre, le manomètre est encore muni d'un appareil enregistreur qui note continuellement les températures.

Le degré d'approximation de ces instruments atteint un à deux pour cent environ.

Ces pyromètres sont peut-être moins précis que d'autres instruments ayant le même objet, mais leur construction est beaucoup moins compliquée et ils semblent parfaitement suffisants pour le service qu'on leur demande dans l'industrie.

FIN

FIN DE LA TABLE DES MATIÈRES

BAR-SUR-SEINE. — IMP. Ve C. SAILLARD.



ENCYCLOPÉDIE-RORET

COLLECTION

DES

MANUELS-RORET

FORMANT UNE

ENCYCLOPÉDIE DES SCIENCES & DES ARTS

FORMAT IN-18

Par une réunion de Savants et d'Industriels

Tous les Traités se vendent séparément.

La plupart des volumes, de 300 à 400 pages, renferment des planches parfaitement dessinées et gravées, et des vignettes intercalées dans le texte.

Les Manuels épuisés sont revus avec soin et mis au niveau de la science à chaque édition. Aucun Manuel n'est cliché, afin de permettre d'y introduire les modifications et les additions indispensables.

Cette mesure, qui met l'Editeur dans la nécessité de renouveler à chaque édition les frais de composition typographique, doit empêcher le Public de comparer le prix des *Manuels-Roret* avec celui des autres ouvrages, tirés sur cliché à chaque édition, et ne bénéfiant d'aucune amélioration.

Pour recevoir chaque volume franc de port, on joindra, à la lettre de demande, un mandat sur la poste (de préférence aux timbres-poste) équivalant au prix porté au Catalogue.

Cette franchise de port ne concerne que la **Collection des Manuels-Roret** et n'est applicable qu'à la France et à l'Algérie. Les volumes expédiés à l'Etranger seront grevés des frais de poste établis d'après les conventions internationales.

Bar-sur-Seine. — Imp. vᵉ C. Saillard